

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Vliv vybraných odrůd pšenice seté na ileální stravitelnost  
škrobu a dusíkatých látek u kuřecích brojlerů**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. František Vacek**

**Obor studia: Výživa zvířat a dietetika**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Boris Hučko, CSc.**

© 2018 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Vliv vybraných odrůd pšenice seté na ileální stravitelnost škrobu a dusíkatých látek u kuřecích brojlerů“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze, dne 13. dubna 2018

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Borisu Hučkovi, CSc. za vedení práce a cenné rady.

# Vliv vybraných odrůd pšenice seté na ileální stravitelnost škrobu a dusíkatých látek u kuřecích brojlerů

## Souhrn

Produkce drůbežího masa má v České republice a ve světě stoupající trend. Je to zapříčiněno hlavně vysokou výkrmovou schopností, krátkým reprodukčním intervalem, dobrými dietetickými vlastnostmi masa a účinností přeměny živin. Drůbež se vyznačuje vyšší rychlostí procesů trávení a vstřebávání.

Pšenice (*Triticum aestivum*) je dominantní obilovinou v řadě zemí světa včetně České republiky. V ČR bývá zkrmována více než polovina vypěstované pšenice. Pšenice představuje odrůdově rozmanitou hospodářskou plodinu.

Předmětem práce bylo vyhodnocení, srovnání nutriční hodnoty vybraných odrůd pšenice seté a ověření vlivu vybraných odrůd pšenice seté na ileální stravitelnost škrobu a dusíkatých látek u kuřecích brojlerů.

U 20 odrůd pšenice byly vyhodnoceny dusíkaté látky, stravitelnost dusíkatých látek, popeloviny, tuk, BNLV, škrob, stravitelnost škrobu, vláknina a metabolizovatelná energie. Vše bylo při 100% sušině.

První část hypotézy se potvrdila, odrůda pšenice seté ovlivnila ileální stravitelnost dusíkatých látek, druhá část hypotézy se nepotvrdila, odrůda pšenice seté neovlivnila stravitelnost škrobu u kuřecích brojlerů.

Stravitelnost dusíkatých látek se pohybuje od 47,70 % do 81,88 %. Nejvyšší stravitelnost má odrůda Tobak (81,88 %), nejnižší pak odrůda Waxypen (47,70 %). Hodnoty stravitelnosti škrobu se pohybují v rozmezí od 45,91 % do 88,17 %. Nejnižší stravitelnost škrobu má odrůda Gordian (45,91 %) a nejvyšší má odrůda 145 (88,17 %). Z našeho sledování je patrné, že měly waxy pšenice statisticky významně horší stravitelnost NL v porovnání k jarním pšenícím, komerčním pšenícím a k pšenícím bez žitné translokace. Proto lze waxy pšenice (z hlediska stravitelnosti NL) považovat za méně vhodné v dietě kuřecích brojlerů.

**Klíčová slova:** pšenice setá; ileální stravitelnost; kuřecí brojler; dusíkaté látky; škrob

# **Influence of selected varieties of wheat on the ileal digestibility of starch and crude protein on the broiler chickens**

## **Summary**

Poultry meat production has an increasing trend in the world and Czech Republic also. It is caused mainly by the high poultry fattening performance, short reproduction period, good nutritional traits of poultry meat and efficient conversion of the nutrients. Higher rate of digestion processes and nutrient absorption are typical for poultry.

Wheat (*Triticum aestivum*) is predominant grain crop in many countries including also the Czech Republic. More than a half of wheat production is used as a feedstuff in the Czech Republic. Wheat is represented by a great range of varieties.

Crude protein content, crude protein digestibility, ash content, crude fat, nitrogen-free extract, starch, starch digestibility, fibre, and metabolizable energy were analysed in the dry matter (100 %) of 20 wheat varieties.

In the first part of the hypothesis was confirmed, that the wheat variety influenced the ileal digestibility in broilers of crude protein. Second part of the hypothesis, that wheat variety has an impact on the starch digestibility in broilers, was disproved.

Crude protein digestibility ranges from 47.70 % to 81.88 %. The highest digestibility was found in the variety Tobak (81.88 %), the lowest was found in the variety Waxypen (47.70 %). Starch digestibility ranges from 45.91 % to 88.17 %. Variety Gordian had the lowest starch digestibility (45.91 %), while the highest was in the variety 145 (88.17 %). It was shown, that waxy wheat varieties had statistically lower crude protein digestibility than the spring, commercial, and non-rye translocation wheat varieties. Therefore waxy wheat varieties can be considered as less suitable for feeding of broilers from the crude protein digestibility point of view.

**Keywords:** Common wheat, ileal digestibility, chicken broiler, crude protein, starch

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Hypotéza</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Trávicí soustava drůbeže</b> .....	<b>3</b>
3.1.1	Dutina zobáková (cavum rostrum (oris)).....	4
3.1.1.1	Zobák ( <i>rostrum</i> ) .....	4
3.1.1.2	Jazyk ( <i>lingua</i> ).....	7
3.1.1.3	Hltan ( <i>pharinx</i> ).....	8
3.1.1.4	Slinné žlázy ústní dutiny a hltanu ( <i>glandulae oris et pharyngis</i> ).....	8
3.1.1.5	Sliny ( <i>saliva</i> ) .....	9
3.1.2	Jícen ( <i>esophagus</i> ).....	9
3.1.2.1	Vole ( <i>ingluvies</i> ).....	10
3.1.3	Smysly ( <i>organa sensoria</i> ).....	11
3.1.3.1	Chuť .....	11
3.1.3.2	Čich .....	11
3.1.3.3	Zrak .....	11
3.1.3.4	Hmat.....	12
3.1.4	Žaludek ( <i>gaster</i> ).....	12
3.1.4.1	Žláznatý žaludek ( <i>proventriculus</i> ) .....	12
3.1.4.2	Svalnatý žaludek ( <i>ventriculus</i> ).....	13
3.1.5	Střevo ( <i>intestinum</i> ).....	15
3.1.5.1	Tenké střevo ( <i>intestinum tenue</i> ) .....	16
3.1.5.2	Tlusté střevo ( <i>intestinum crassum</i> ) .....	17
3.1.5.2.1	Slepé střevo ( <i>intestinum caecum</i> ).....	17
3.1.5.2.2	Konečník ( <i>rectum</i> ) .....	18
3.1.6	Játra ( <i>hepar</i> ) .....	19
3.1.7	Slinivka břišní ( <i>pancreas</i> ).....	20
<b>3.2</b>	<b>Trávení a resorbce</b> .....	<b>21</b>
3.2.1	Sacharidy .....	21
3.2.2	Bílkoviny (proteiny) .....	21
3.2.3	Tuky (lipidy).....	22
<b>3.3</b>	<b>Úprava krmiv</b> .....	<b>23</b>

3.3.1	extruze.....	23
3.3.2	granulace.....	24
<b>3.4</b>	<b>Pšenice .....</b>	<b>25</b>
3.4.1	Pšenice potravinářská .....	26
3.4.2	Krmná pšenice .....	26
3.4.3	Waxy pšenice.....	26
3.4.4	Škrob.....	26
3.4.5	Bílkoviny .....	27
<b>4</b>	<b>Materiál a metodika.....</b>	<b>29</b>
4.1	Metodika .....	29
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>32</b>
5.1	Pšenice – sledované živiny .....	32
5.2	Statistické vyjádření výsledků .....	38
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury.....</b>	<b>46</b>

# 1 Úvod

Drůbeží maso patří do základního sortimentu výživy obyvatel České republiky. Dlouhodobě se zvyšuje jeho spotřeba. Drůbeží maso se řadí mezi dietní masa vzhledem ke svým nutričně cenným vlastnostem. K oblíbenosti kuřecího masa samozřejmě přispívá mimo jiné i cenová dostupnost pro kupující. Jedná se o nejlevnější maso v porovnání s masem z ostatních druhů hospodářských zvířat. Neméně důležitá je kulinářská snadnost přípravy pokrmů z něho vyráběných. Kuřecí maso obsahuje 17 – 25 % bílkovin s vysokým obsahem esenciálních aminokyselin.

Drůbež je zajímavá pro chovatele zejména pro svoji vysokou intenzitu růstu, ranou pohlavní dospělost, krátký generační interval, vysokou reprodukční schopnost, účinnost přeměny živin. Brojlerová kuřata jsou speciálním typem kuřat, který se chová za účelem výroby masa. Produkce drůbežího masa je zajišťována v naprosté většině intenzivním výkrmem ve velkochovech. Z celkových nákladů na výrobu kuřecího masa se podílí náklady na krmivo přibližně ze 70 %.

Pšenice je druhou nejvýznamnější obilovinou na světě. V České republice je to hlavní pěstovaná obilovina. V ČR bývá zkrmováno více než 50 % její produkce.



## **2 Cíl práce**

Cílem práce bylo vyhodnocení, srovnání nutriční hodnoty vybraných odrůd pšenice seté a ověření vlivu vybraných odrůd pšenice seté na ileální stravitelnost škrobu a dusíkatých látek u kuřecích brojlerů.

### **2.1 Hypotéza**

Odrůda pšenice seté ovlivní ileální stravitelnost dusíkatých látek a škrobu u kuřecích brojlerů.

## 3 Literární rešerše

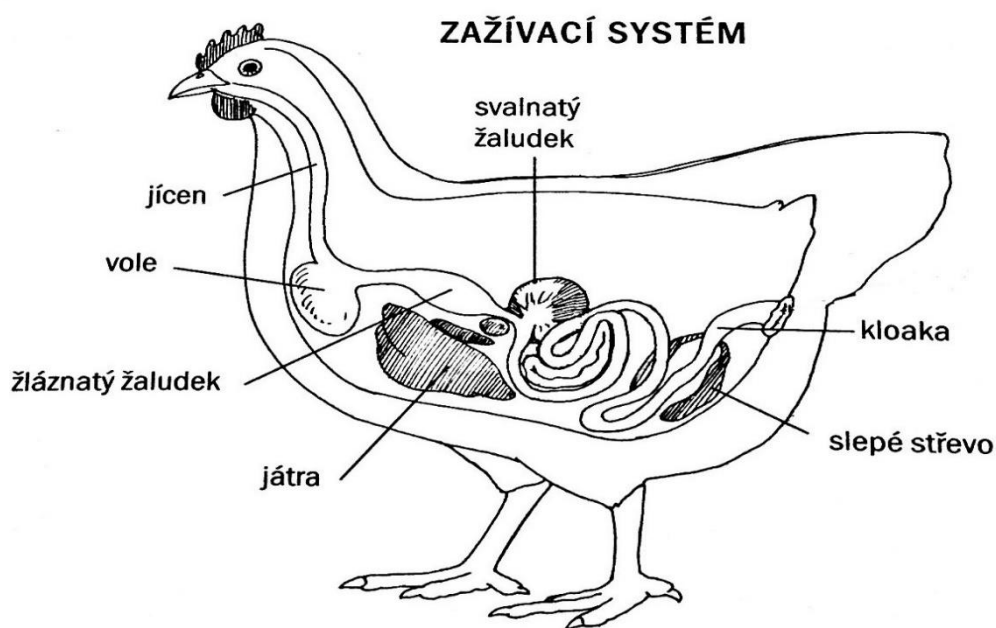
### 3.1 Trávicí soustava drůbeže

Drůbež patří mezi všežravce, proto je její zažívací systém pro tento způsob charakteristický (Drowns, 2012).

Trávicí trakt ptáků se obecně podobá trávicí soustavě savců, má ale některé zásadní rozdíly. Ptáci nemají zuby, pysky ani měkké patro. Z toho vyplývá, že potravu zpracovávají mechanicky zobákem a ve svalnatém žaludku. U druhů, které se živí suchou potravou, jsou i slinné žlázy. Podobně jako u savců, tak i u ptáků, jsou chuťové pohárky rozmístěny na stěnách zobákové dutiny a na jazyku (Reece, 2009).

Kříž (1997) uvádí, že vlastní trávení potravy probíhá již ve žláznatém žaludku, pokračuje v žaludku svalnatém, avšak k nejintenzivnějšímu trávení dochází až ve dvanáctníku (duodenum), v tenkém střevu, slepých střevech a tlustém střevě. Konečník ústí do kloaky, kde se nachází ještě vyústění ústrojí vyměšovacího a rozmnožovacího. Průchod potravy (tráveniny) trávicím traktem trvá obecně 16 – 24 h a jeho rychlost je ovlivňována druhem drůbeže (nejrychlejší průchod tráveniny je popisován u kachen), dále konzistencí krmiva (míchance a šroty jsou tráveny rychleji než zrna celá), dále klimatickými podmínkami (v chladných obdobích je průchod tráveniny pomalejší, než v teplejších obdobích) a fyziologickým stavem organismu drůbeže (nenasyčená drůbež tráví rychleji než drůbež sytá). Marvan et al. (2011) rozdělují trávicí soustavu takto: ústní (zobáková) dutina, hltan, jícen a vole, žaludek, střevo, kloaka.

Obrázek č. 1: trávicí soustava kura domácího



(Drowns, 2012)

### 3.1.1 Dutina zobáková (cavum rostrum (oris))

#### 3.1.1.1 Zobák (rostrum)

Dutina ústní je ohraničena dolním a horním zobákem, patrem, tvářemi a jazykem. Kaudálním směrem přechází široce v dutinu hltanu.

Ústní dutinu pokrývá sliznice s vrstevnatým rohovatějícím epitelem. Povrchový epitel sice rohovatí, ale jeho povrchové ploché buňky mají buněčná jádra. Povrch sliznice se místy zvedá ve slizniční útvary jako jsou papily, žlábký a řasy. K opravdovému rohovatění dochází v místech zvýšených mechanických nároků na sliznici (hrot a spodina jazyka a četné mechanické papily (Černý, 2005).

Krmivo si drůbež osvojuje zobákem, někteří ptáci si pomáhají i drápy končetin. Hrabavá drůbež se řadí k ptákům zrnožravým, majícím krátký silný zobák. Vodní drůbež se vyznačuje jiným tvarem zobáku, uzpůsobeným typu přijímaného krmiva. Drůbež přijímá vodu rychlými krátkými pohyby zobáku a jazyka, při současném nadechnutí a zvednutí hlavy. Tekutina stéká z dutiny zobákové do hltanu a je zároveň polykána (Kodeš et al. 2003).

K příjmu potravy slouží především zobák. Na pohyblivém horním zobáku rozpoznáváme kořen, více či méně zahrnutý hřbet, postranní části zobáku a jeho hrot. Dolní

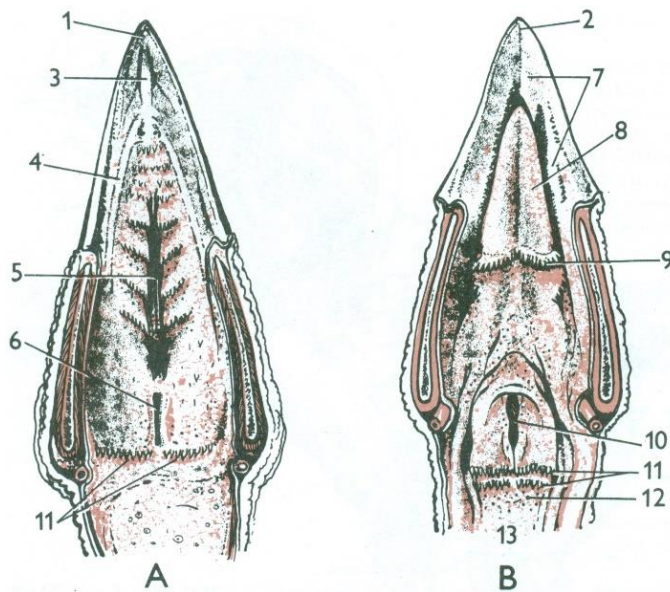
zobák vybíhá také v hrot, za nímž se rozbíhají dvě větve. Kostní podklad zobáku je pokryt modifikovanou kůží, která na povrchu vytváří rohové toulce, značně tvrdé zejména u hrabavých. Barva zobáku je rozdílná podle druhu. Tvar zobáku souvisí se způsobem příjmu potravy drůbeže. U kura je horní zobák zahnutý, na hrotu zašpičatělý a přečnívá zobák dolní. Zobáková dutina přechází neznatelně v hltan, takže tedy tvoří jednotnou dutinu. Na jejím ohraničení se podílejí dolní a horní zobák, patro a spodina ústní.

Strop zobákové dutiny tvoří patro, které je pokryto zrohovatělou sliznicí. Ta plynule přechází na strop hltanu bez vytvoření měkkého patra. Na stropě zobákové dutiny je choanová štěrbina, která je mnohem delší u hrabavých než u vrubozobých. Tato rostrálně zúžená a kaudálně rozšířená umožňuje stálou komunikaci zobákové a nosní dutiny.

Kaudálně za choanovou štěrbinou následuje štěrbina nálevková. Pod ní se nachází nálevka, do které společně ústí sluchové trubice. Patro pokrývají příčné řady zahrocených bradavek (Marvan et al., 2011).

Rostrální hranice určuje dle embryologických nálezů počátek hltanu (Marvan et al., 2011). Drowns (2012) dále uvádí, že dolní i horní čelist jsou pohyblivě připojeny k lebce. Tvrdé patro (klenba dutiny ústní) je rozdělena úzkou dlouhou štěrbinou, která umožňuje vstup vzduchu do nosních komůrek. Tato štěrbina je pro ptáky velmi důležitá i proto, že při vtahování vody do úst vytváří vakuum. Pták po napití musí zvednout hlavu a využívá zemskou přitažlivost, aby se voda mohla dostat dolů. Zelenka (2014) uvádí, že hltan i zobáková dutina jsou kryty rohovatějící kutánní sliznicí.

Obrázek 1: Zobáková dutina a hltan kura domácího



A – strop, B – spodina dutiny ústní

1 – horní zobák, 2 – dolní zobák,

3,4 – patrové lišty, 5 – choana,

6 – nálevková štěrбина s vyústěním  
sluchových trubic,

7 – ústní dutina, 8 – jazyk,

9 – jazykové bradavky,

10 – vstup do hrtanu,

11 – hltanové bradavky,

(Marvan et al., 2011)

### 3.1.1.2 Jazyk (*lingua*)

Jazyk je orgán dutiny ústní uložený na její spodině. Jeho tvar koresponduje s tvarem a rozměrem zobáku dolního. Na jazyku rozlišujeme kořen jazyka (*radix linguae*), tělo jazyka (*corpus linguae*) a hrot jazyka (*apex linguae*) (Černý, 2005).

Povrch jazyka povlečen sliznicí, která na hrotu jazyka naléhá přímo na nitrojazykovou kost, na těle a kořeni jazyka naléhá na svalstvo. Pod sliznicí je vrstva podslizničního vaziva (Černý, 2005). Marvan et al. (2011), dále uvádí, že epitel hřbetu jazyka je silně zrohovatělý a dokonce na některých místech přechází až ve zrohovatělé bradavky. Spodinu jazyka pokrývá zrohovatělý štítek, kořen jazyka je rostrálně ohraničený příčnou řadou bradavek. Kořen přechází v nevýraznou spodinu hltanu, za níž je výrazný vstup do hrtanu, lemovaný žlázami a bradavkami.

U kura je jazyk při kořenu široký, směrem k hrotu se zužuje a přechází v zašpičatělý hrot.

Oproti savcům vyztužuje jazyk ptáků chrupavčitý a kostěný skelet. Kostním podkladem je rostrálně uložená *os sentoglossum*, která se kaudálně kloubí s *os basibranchiale rostrale*. Sedlovité skloubení umožňuje především u husy a holuba pohyb jazyka do stran.

U mladých ptáků je skelet jazyka chrupavčitý, později zcela osifikuje a jen zbytek neosifikované chrupavky se dochovává jako chrupavčitý násadec nasazený na rostrální konec *os entoglossum*. Jazyk u ptáků nemá vlastní svalstvo. Do jazyka svaly vstupují z okolí, které náležejí k extraglosálním svalům hyobranchiálního aparátu. Rostrální třetina jazyka je téměř bez svalové tkáně, výjimkou jsou jen ojedinělá svalová vlákna. Střední a kaudální třetina jazyka představující tělo a kořen obsahuje kromě kostního podkladu i svalstvo. Kostěný podklad je oddělen od svalstva vazivovou a tukovou tkání (Černý, 2005).

Jazyk slouží k přijímání a třídění potravy a má také velký význam při polykání. Je bohatě inervován. Obsahuje značné množství receptorů, proto je důležitým orgánem hmatu. Kořen jazyka má receptory pro vnímání chuti. Jazyk je sice pohyblivým orgánem, ale u ptáků je vlastní pohyblivost omezena (Černý, 2005).

### 3.1.1.3 Hltan (*pharinx*)

Kaudálně za štěrbinovitým nosním průchodem přechází bez jasné hranice ústní dutina v hltanovou dutinu. Dorzální ohraničení je tvořeno mírně vyklenutým stropem hltanové dutiny. Mediálně za nosním průchodem se otevírá štěrbinovitým otvorem nálevka (*infudibulum*). Protáhlou štěrbinu nálevky ohraničují po stranách řasy hltanové sliznice s drobnými hrotitými papilami na povrchu. Hranice mezi dutinami ústní a hltanovou probíhá mezi kaudálním koncem nosního průchodu a nálevkou.

Hltanovou dutinu vystýlá sliznice, jejíž stavba je velmi podobná sliznici v dutině ústní. Povrch sliznice pokrývá dlaždicovitý epitel, který obvykle nerohovatí. Dorzálně přechází sliznice z dutiny nosní na strop hltanu, laterálně ve stěně hltanu přibývá vazivo a jen na spodině hltanu je pod sliznicí svalstvo. Na spodině a stropu hltanu vyrůstají ze sliznice četné hltanové papily, které mají mechanický význam při polykání sousta a jeho pasážování do jícnu.

U kura jsou hltanové papily seřazeny tak, jako na sliznici patra, v příčně probíhající řady. Jedna řada papil je patrná na stropě hltanu, v místě, kde přechází hltan v jícnu, obdobná řada papil je i na spodině hltanu těsně za hltanovou štěrbinou. Sliznice hltanu obsahuje velké množství polystomatických žláz vyústujících drobnými otvory na povrchu sliznice (Černý, 2005).

### 3.1.1.4 Slinné žlázy ústní dutiny a hltanu (*glandulae oris et pharyngis*)

Ve sliznici dutiny ústní, hltanu a jazyka jsou roztroušeny drobné žlázy, jejichž vývody ústí mnohočetnými otvory na povrchu sliznice. Jednotlivé tubulózní žlázy se sdružují ve žlázové lalůčky, které jsou oddělené vazivovými septy. Vývody žlázových tubulů ústí do lumina lalůček, ze kterých se sbírají vlastní vývody žláz. Vazivo v okolí žláz obsahuje kromě krevních kapilár a nervových vláken také elastická vlákna. V septech žláz dospělých ptáků se pravidelně vyskytuje infiltrace lymfatickou tkání. V rostrálních partiích dutiny ústní se žlázy vyskytují ve vazivu sliznice, v kaudální části dutiny ústní pak v podslizničním vazivu (Černý, 2005).

Kodeš et al. (2003) uvádí, že kur domácí má plně vyvinutý systém slinných žláz. Tvorba slin se u něho pohybuje od 7 do 25 ml/den. Tvořené sliny obsahují vždy amylázu a mají pH okolo 6,7. V drůbežích slinách bylo nalezeno i malé množství lipáz.

### 3.1.1.5 Sliny (*saliva*)

Sliny s amylázou (štěpící škrob na jednodušší sacharidy), které jsou vylučovány v zobákové dutině, zvlhčují potravu a zlehčují její pohyb do jícnu (Kodeš et al., 2003). Zelenka (2014) dále uvádí, že sekret slinných žláz je hlenovitý, mucinózní. Ve slinách hrabavé drůbeže je z enzymů obsaženo jen menší množství  $\alpha$ -amylázy, která poté působí ve voleti společně s enzymy obsaženými v krmivu. Vodní ptáci vylučují jen velmi omezené množství slin.

### 3.1.2 Jícen (*esophagus*)

Hrudní část jícnu probíhá po dorzální straně průdušnice mezi oběma hrdelnicovými žilami. V hrudní části dutiny tělní se vkládá mezi syrinx a ventrální plochu plic, dosahuje srdeční báze a naléhá na viscerální plochu jater. Zde se odchyluje od svého průběhu, směřuje na levou stranu, rozšiřuje se, poté přechází ve žláznatý žaludek. V dutině tělní je jícen obklopen krčním, meziklíčkovým a předním vzdušným vakem.

Trojvrstvou stěnu jícnu tvoří sliznice, svalová vrstva a adventicie nebo seróza. Sliznice je nejvnitřnější vrstvou, kterou připojuje ke svalové vrstvě podslizniční vazivo. Sliznice se skládá v podélně probíhající řasy, které uzavírají lumen prázdného jícnu. Zřasení sliznice zapříčiňuje kontrakce podélných svalových vláken slizničního svalstva. Vazivová vrstva sliznice je výrazná, silně prostoupen krevními a lymfatickými kapilárami a výrazně inervována. Pod povrchem jsou ve vazivu sliznice uloženy tubulózní hlenové žlázy. U kura jsou tyto žlázy uloženy povrchově pod epitelem a nacházejí se po celé délce jícnu.

Povrch sliznice je kryt vrstevnatým dlaždicovitým epitelem, jehož povrchová vrstva je rohovatějící, a v důsledku toho se jednotlivé buňky odlučují od lumina jícnu. U vrubozobých a holuba je rohovatění intenzivnější než u kura, perličky nebo krocana. Stření svalovou vrstvou stěny jícnu tvoří hladkosvalová tkáň uspořádaná do zevní podélné a vnitřní kruhové vrstvy. U domácích ptáků je podélná vrstva velice tenká, její zastoupení je nedostatečné, a nemá proto žádný funkční význam. Hlavním svalstvem jícnu je mohutná kruhová vrstva hladké svaloviny, která jako jediná zajišťuje peristaltický pohyb jícnu. Svalovou vrstvou krční části kryje řídké vazivo (*adventitia*), které je protkáno četnými kolagenními a elastickými vlákny, krevními cévami a nervy. Adventicie je nej povrchnější vrstva jícnu a spojuje jícen s okolními orgány. Na povrchu hrudní části jícnu je seróza.

K hlenovým žlázám jícnu se často přidružují lymfatické uzlíčky, především u starších jedinců občas pozorujeme infiltraci žláz a jejich vývodu lymfocyty. U kachny, v menší míře u kura, je v kaudální části jícnu patrné nahloučení lymfatických uzlíčků, které bývají souborně



označovány jako jícnová mandle. Jícnové žlázy ústí samostatnými vývody na povrch epitelu tlusté a světlé sliznice.

Jícen je část trávicí trubice, která spojuje hltan se žláznatým žaludkem. Vzhledem k průběhu je jícen rozdělen na delší krční část a na kratší hrudní část. Délka krční části koresponduje s délkou krku, u vrubozobých je proto krční část jícnu velmi dlouhá. Při výstupu z hltanu je jícen dorzálně od průdušnice, v dalším průběhu se stáčí na pravou stranu krku a zde je kryt pouze kůží. Do tělní dutiny vstupuje jícen ptáků mezi oběma větvemi vidlice (*furcula*).

V porovnání s poměry u savců představuje jícen ptáků tenkostěnnou trubicí s podstatně větším průměrem. U kura, holuba a krocana se krční část jícnu před vstupem do tělní dutiny rozšiřuje ve vole (Černý, 2005).

### 3.1.2.1 Vole (*ingluvies*)

Vole se nachází v krční části jícnu před vstupem do tělní dutiny, která se rozšiřuje nebo vakovitě vychlipuje. Vole je uloženo vpravo před vidlicí a naléhá zde na prsní svalstvo (Černý, 2005). Marvan et al. (2011) uvádějí, že spojení hltanu se žláznatým žaludkem umožňuje jícen, ten má podobu úzké a značně roztažitelné trubice. Jícen se před vstupem do hrudníku vychlípí na pravé straně ve vakovité vole. Jícen s voletem leží v převážné míře na pravé straně krku.

Černý (2005) uvádí, že stěna volete má téměř stejnou stavbu se stěnou jícnu. Rozdíl je v tom, že hlenové žlázy jsou pouze ve sliznici jícnového žlabu, ostatní sliznice volete je bezžláznatá. Kodeš et al. (2003) dále uvádí, že je jícen u ptáků poměrně krátký, vystlán silnou sliznicí s povrchovou vrstvou dlaždicového epitelu. Pod sliznicí se nachází silná vrstva řídkého vaziva, která spolu s elastickými vlákny umožňuje značnou roztažitelnost a pohyblivost.

Obecná funkce volete je shromažďování přijaté potravy, která je během skladování ve voleti změkčována. Plnění volete potravou se uskutečňuje pravidelnými peristaltickými vlnami jícnu. V krční části mají interval 15 sekund, v hrudní části probíhají v intervalu 50 až 55 sekund. Shromažďování potravy ve voleti je závislé na náplni žaludku svalnatého, při vyprazdňování svalnatého žaludku je potrava doplňována z volete. Na stěně volete se objevují kontrakce, které začínají na protilehlé straně od jícnového žlabu. Současně se činností podélného slizničního svalstva uzavírá spojení jícnu s voletem a vydatnými kontrakcemi je potrava transportována kaudálně do žaludku. Dutina volete kura má kapacitu 75 až 120 g potravy (Černý, 2005). Kříž (1997) dále uvádí, že doba pobytu krmiva ve voleti je

různě dlouhá, od několika hodin do několika dnů a závisí především na jeho konzistenci a množství. Nemůže-li drůbež přijímat vodu, pak se krmivo ve voleti zdržuje delší dobu.

### 3.1.3 Smysly (*organa sensoria*)

#### 3.1.3.1 Chut'

Hulsen et al. (2016) uvádějí, že drůbež může rozlišovat chuť sladkou, slanou. Kyselou a hořkou, ale ne tak dokonale, jako například člověk. Stern et Landes (2013) uvádějí, že kur má chuť velmi slabě vyvinutou. Slanou, sladkou, kyselou nebo hořkou chuť rozeznávají jen ve vlhké potravě nebo ve vodě a není pro ně důležitá. Peitz, B. et Peitz, L. (2008), dále uvádějí, že je u drůbeže chuť při výběru krmiva druhořadá.

#### 3.1.3.2 Čich

De Gussem et al. (2016) uvádějí, že drůbež má dobře vyvinutý čich, ale ne tak citlivý, jako savci. Drůbež používá čich pro hledání potravy a k rozpoznání ostatních jedinců. Pro vnímání čpavku mají také speciální citlivý nerv. Kříž (1997) uvádí, že čich není téměř vůbec vyvinut. Vůně nebo pach krmiva nemá z tohoto důvodu žádný význam, a proto také není drůbež schopna rozlišit závadná krmiva. Slepice dávají přednost před kyselými nahořklým krmivům. Naopak vodní drůbež nahořklá krmiva upřednostňuje méně.

#### 3.1.3.3 Zrak

Černý (2005) uvádí, že ptáci mají velmi dobře vyvinutý zrak, v porovnání se savci jsou jejich oči podstatně větší. U ptáků hmotnost oka dosahuje 15 % z celkové hmotnosti hlavy, u člověka to je jen asi 1 %. Zelenka (2014) dále uvádí, že chemorecepční volba krmiva je omezena. Výběr je především optický a mechanorecepční, podle tvaru, tvrdosti, velikosti a barvy částic. Mechanoreceptory jsou umístěny hlavně na špičce dolního i horního zobáku. Při změně krmné dávky zvíře zpočátku krmivo nežere, jen zrakem a klováním zkoumá. Vtiskne si do paměti jeho vlastnosti, a později je již bez prodlevy přijímá. Směs, která není granulovaná, vnímá jako jednotlivé částice, ze kterých si pod kontrolou zraku vybírá (např. krystalky soli, zrnka kukuřičného šrotu). Smícháme-li dosud zkrmované granule malého průměru s granulemi velkými, bude drůbež vybírat drobné granule, protože velké nejdříve nepovažuje za krmivo. Z toho vyplývá, že je vhodnější přecházet na nové krmivo bez pozvolného přechodu. Zvířata ho budou z hladu zkoumat dříve, někdy se tak můžeme vyhnout rozsáhlé konzumaci

podestýlky. Krmiva některých barev jsou pro drůbež atraktivnější. Tohoto faktu lze využít a barvit ve vodě rozpustnými barvami prestartéry pro kuřata. Čerstvě narozená mláďata se takové krmivo naučí dříve konzumovat. Kuřata dávají přednost barvě modré a zelené.

#### 3.1.3.4 Hmat

Hmatové vjemy jsou u drůbeže značně omezené. Výjimkou jsou kachny, jejichž zobák je přizpůsoben k příjmu měkkých částic. Hrabavá drůbež dává přednost tvrdším a hrubším krmivům (Kříž, 1997).

### 3.1.4 Žaludek (*gaster*)

Žaludek domácích ptáků tvoří dvě funkčně i anatomicky rozdílné části – žláznatý žaludek, v němž začíná enzymové trávení, a svalnatý žaludek, který je přizpůsoben k mechanickému trávení krmiva (Marvan et al., 2011).

#### 3.1.4.1 Žláznatý žaludek (*proventriculus*)

Žláznatý žaludek je uložen volně v levém dolním kvadrantu tělní dutiny. Ve stálé poloze ho udržuje jícen a spojení s viscerální plochou jater. Kraniální část se dotýká plic a zde ho také obklopují vzdušné vaky. Střední a kaudální část se vkládá mezi jaterní laloky, přičemž od pravého laloku ho částečně odděluje slezina. Na pravé straně se dotýká slepého střeva a kyčelníku.

Povrch žláznatého žaludku obaluje viscerální peritoneum. Serózní obal se připojuje ke svalové vrstvě subserózním vazivem. Z dorzální plochy žláznatého žaludku odstupuje dvojitý list pobřišnice (dorzální duplikatura), který ho spojuje se stropem tělní dutiny. Z ventrálního okraje odstupuje ventrální duplikatura pobřišnice spojující žláznatý žaludek s viscerální plochou jater. Střední svalovou vrstvou stěny žláznatého žaludku tvoří slabě vyvinutá a nesouvislá podélná vrstva. Naopak kruhová vrstva je mohutná a plně funkční. Vnitřní vrstvou stěny žaludku tvoří sliznice, jejíž vazivo obsahuje jednoduché a rozvětvené tubulózní žlázy (Černý, 2005). Marvan et al., (2011) dále uvádějí, že je sliznice pokryta několika desítkami drobných polokulovitých nebo kuželovitých bradavek. Na jejich vrcholu vyúsťují žaludeční žlázy. To jsou rozvětvené tubulózní žlázy, které tvoří převážnou část stěny žaludku. Buňky těchto žláz secernují zároveň HCl i pepsinogen. Povrchový cylindrický epitel, stejně jako žlázné vývody, produkují hlen, který chrání sliznici. Nejmenší počet žláz je u kura a největší je u kachny.

U dospělého kura je žláznatý žaludek asi 4,5 cm dlouhý a 2 cm tlustý Marvan et al., (2011).

Drowns (2012) uvádí, že se potrava v žláznatém žaludku dostává do styku se žaludečními šťávami a tím začíná vlastní proces trávení. Reece (2009) dále doplňuje, že ve žláznatém žaludku je také sekrece mucinu. Potrava se tam dlouho nezdržuje a pokračuje plynule do svalnatého žaludku. Kodeš et al. (2003) též uvádějí, že u kura jsou žaludeční šťávy produkovány poměrně málo, u vodní drůbeže je to více. Převážná část žaludeční šťávy pak stéká do žaludku svalnatého. Stejně tak se ani trávenina ve žláznatém žaludku příliš dlouho nezdržuje. Zelenka (2014) potvrzuje, že se ve žláznatém žaludku krmivo zpracovává chemickou cestou. Dále uvádí, že zde vylučuje kyselina chlorovodíková, pepsinogen a mucin. Kyselinou je přeměňován pepsinogen na pepsin a aminokyseliny. Žaludeční šťáva má pH v rozmezí od 1,5 do 2,0. Damme et Hildebrand (2002) uvádějí, že rychlost průchodu tráveniny žláznatým žaludkem je obvykle kratší než jedna hodina. Kříž (1997) uvádí, že sliznice žláznatého žaludku je drážděna procházející potravou, což způsobuje vylučování žaludeční šťávy. Její vylučování je podporováno především bílkovinami v přijatém krmivu.

#### 3.1.4.2 Svalnatý žaludek (*ventriculus*)

Svalnatý žaludek má diskovitý tvar. Vyvinul se postupným zmnožením kruhové svaloviny ve dva páry svalů. Nachází se zčásti mezi jaterními laloky a zaplňuje převážnou část levé poloviny tělní dutiny (Marvan et al., 2011). Černý (2005) dále uvádí, že svalnatý žaludek je uložen vzhledem k pobřišnici v retroperitoneálním prostoru, ve kterém se jeho levá postranní stěna spojuje s tělní stěnou. Povrch pravé stěny kryje pobřišnice, která přechází ze žláznatého žaludku na tělo žaludku svalnatého a přivádí větve pro jeho cévní zásobení. S játry je spojen srpovitým vazem. Několika lamelami serózy je svalnatý žaludek poután k hrudní kosti i ke střevním kličkám.

Pro tlustou stěnu svalnatého žaludku je typická mohutná hladká svalovina, která se diferencovala ve dva páry svalů. To jsou jednak tzv. tenké svaly, jednak dva nápadné tmavočervené silné svaly, které mají na průřezu hruškovitý tvar. Oba posledně zmiňované svaly jsou laterálně spojeny tlustou plochou šlachou, která je pro svoji namodralou barvu a skladbu označována jako šlašité zrcadlo. Dutina svalnatého žaludku přechází v kraniální vak a kaudální vak. Podklad obou vaků tvoří výše uvedené tenké svaly. Pokračováním svalnatého žaludku je dvanáctník. Ve sliznici žaludku je tlustá vrstva tubulózních žláz, jejichž sekret vytváří

na povrchu sliznice tlustou a tvrdou vrstvou, která se nazývá kutikula. Zmíněná kutikula má keratinoidní charakter a zvláště tlustá je v obou vacích (Marvan et al., 2011).

Žvýkáckí funkci zubů přejímá svalnatý žaludek, kde se mechanicky zpracovává potrava nabobtnalé a natrávené krmivo ve voleti a ve žláznatém žaludku (Zelenka, 1998). Kodeš et al. (2003) uvádějí, že při kontrakci hlavních postranních svalů dochází k jejich asymetrickému přiblížení, protože horní sval postranní je silnější v horní části a dolní sval postranní je silnější v části dolní. Jejich přiblížením a tlakem vyvinutým stiskem, vznikají drtící, třecí pohyby jejich vnitřních stěn. Část krmiva se dostává do vedlejších prostor žaludku, které jsou tvořeny dutinou vmezeřených svalů. Jejich smrštění se však znovu obsah dostane do hlavní dutiny žaludku. Rytmičky střídavě se stahy svaloviny žaludku opakují, díky tomu dochází k dokonalému rozmělnění přijatého krmiva. Počet smrštění a síla tlaku vyvolaného smrštěním není stálá. Závisí to především na odporu, který klade přijímané krmivo. Při krmení celými obilninami je odpor tvrdých zrn poměrně velký. U slepice se svalnatý žaludek smrští asi čtyřikrát za minutu, jedno smrštění trvá asi 15 sekund. Zelenka (2014) uvádí, že svalnatý žaludek mechanicky drtí a rozmělnuje nabobtnalé a natrávené krmivo ve voleti a ve žláznatém žaludku. U kura vyvíjí při kontrakci 15 až 20 sekund až 18 kilopascalů (kPa). U kachny to je 24 kPa a u husy pak 37 kPa. Dále uvádí, že se ve svalnatém žaludku netráví jen bílkoviny působením pepsinu produkovaného ve žláznatém žaludku, ale částečně i lipidy a sacharidy, protože se sem z tenkého střeva antiperistaltickými pohyby dopravuje pankreatická šťáva i žluč. Tuláček (2002) dále uvádí, že kašovitá konzistence vytvářená ve svalnatém žaludku umožňuje lepší působení enzymů trávicích šťáv a zvyšuje stravitelnost krmiva. Enzymy rozkládají složité živiny na jednoduché a ve vodě rozpustné, které poté stěnou tenkého střeva přecházejí do krevního oběhu a jaterními cévami jsou odváděny do jater. Toto se označuje jako zažívání. Damme et Hildebrand (2002) uvádějí, že ve svalnatém žaludku je velmi kyselé prostředí (pH 2,5 – 3,0).

Aby se usnadnila drtivá a mlecí funkce, polyká drůbež kaménky (grit). Pokud je jejich příjem malý, vydrží ve svalnatém žaludku dlouho, pokud není přístup ke gritu omezen, odchází jich ve výkalech více (Zelenka, 2014).

### 3.1.5 Střevo (*intestinum*)

Střevo je nejdelší úsek trávicí trubice spojující žaludek s kloakou, podobně jako u savců se dělí na tenké střevo a tlusté střevo.

Tenké střevo se nachází vpravo v kaudální polovině dutiny tělní. Kličky tenkého střeva naléhají na svalnatý žaludek, dotýkají se sleziny, pravého jaterního laloku. U samičích jedinců v období snášky tenké střevo naléhá na zvětšený vejcovod.

Tlusté střevo se dělí na slepá střeva a na konečník. Slepá střeva se nacházejí po stranách kyčelníku, který mezi sebe zaujímají a se kterým se spojují krátkými vazy. Kromě toho se ještě vzájemně spojují příčným vazem, který začíná u báze slepých střev, probíhá na tělo a končí před rozšířenými hroty slepých střev, které tak zůstávají volné. Konečník se nachází mezi kyčelníkem a kloakou, probíhá pod páteří upevněný na krátkém mezorektu. Kaudální část konečníku a kloaka jsou v okolí fixovány vazivovou tkání (Černý, 2005).

Stěna střeva rekta se skládá ze tří vrstev. Na povrchu střevo povléká viscerální pobřišnice, která se vrstvou řídkého subserózního vaziva připojuje ke střední svalové vrstvě. Svalová vrstva je rozdělena do dvou vrstev, vnější podélnou a vnitřní kruhovou. Zmnožením kruhového svalstva vznikají svalové svěrače, které se vyskytují v průběhu trávicí trubice mezi některými jejími úseky a svou činností regulují pasáž tráveniny. V prostoru mezi oběma svalovými vrstvami je uloženo vazivo s intramulární nervovou pletení autonomních nervů. Nejvnitřnější vrstvou střeva je sliznice. Sliznice vybíhá na povrch četnými klky, nejdelší z nich jsou až 1,5 mm vysoké. Podslizniční vazivo umožňuje zřasení sliznice. Řasy pro klky jsou na rozdíl od střevních řas stálé útvary sliznice a nacházejí se na povrchu sliznice v celém průběhu střeva. Zasahují až ke kloace a výrazně zvětšují resorpční povrch sliznice. Povrch klků je pokryt resorpčním epitelem, který je složený z cylindrických enterocytů, z enteroendokrinních a pohárkových buněk. Tyto buňky jsou nepravidelně roztroušeny mezi enterocyty a vytvářejí hlen na povrch sliznice (Černý, 2005).

Střevo má podobné členění jako u savců, ale má též své tvarové zvláštnosti. Střevo ptáků, u nichž převládá potrava rostlinného původu, je o poznání delší. Celková délka střeva u jednotlivých druhů drůbeže je tedy odlišná. Délka u kura a kachny je 1,6 – 2,3 m, u husy 2,5 – 3,6 m, u holuba 0,7 – 1,1 m.

Mikrobiální populace střev je nedílnou součástí trávicího systému u všech zvířat. Den po vylíhnutí dosahuje počet bakterií v lačníku kuřat  $10^8$  a ve slepých střevech  $10^{10}$  bakterií v gramu tráveniny. Během tří dnů po vylíhnutí se počet bakterií v lačníku zvýší na  $10^9$  a ve slepých střevech překročí  $10^{11}$ . Typická mikroflóra pro dospělou drůbež se v tenkém

střevě ustálí až během druhého týdne života. Ve slepých střevech do 30 dnů života. Ve střevech je asi desetkrát více bakterií, než je buněk v těle. Spotřeba dusíkatých látek a sacharidů pro výživu této populace se odhaduje na 10 až 20 % z jejich příjmu zvířetem.

Mikroorganismy využívají všechny živiny, které dokáže využít hostitel, ale využívají i mnohé z těch, které hostitel využít nedovede. Složení krmné dávky a některá krmná aditiva mají výrazný vliv na druhové zastoupení mikrobiální populace, a tak ovlivňují trávení vstřebávání živin. Některé bakterie produkty svého metabolismu snižují zastoupení patogenních mikroorganismů ve střevech, některé zlepšují stravitelnost minerálních látek a jiné naopak vytvářejí pro hostitele škodlivé látky.

Stravitelnost živin zvyšuje zpětný pohyb částí obsahu tlustého střeva do tenkého. Tam se mohou trávit a vstřebávat nejen dosud nestrávené živiny krmiva, ale i mikrobiální biomasa obsažená v trávenině. Při zkrmování nešrotované pšenice je antiperistaltická aktivita vyšší než při zkrmování jemně šrotovaného krmiva (Zelenka, 2014).

#### 3.1.5.1 Tenké střevo (*intestinum tenue*)

Tenké střevo je několikanásobně delší než střevo tlusté (*intestinum crassum*) a po celé délce má přibližně stejnou tloušťku. Dělí se na dvanáctník, lačník a kyčelník (Marvan et al., 2011).

##### 3.1.5.1.1 Dvanáctník (*duodeum*)

Dvanáctník po svém výstupu ze svalnatého žaludku utváří protáhlou kličku, v níž je téměř po celé délce uložena slinivka břišní. Celá klička je volná a vazivově je připojena ke svalnatému žaludku a také k jaterní bráně. Do dvanáctníku ústí vývody slinivky břišní a jater (Marvan et al. 2011). Zelenka (2014) dále uvádí, že ve dvanáctníku pokračuje trávení v kyselém prostředí. Na rozdíl od savců ústí vývody slinivky břišní společně se žlučovými vývody až do jeho distální části. V celém průběhu střeva, tedy ani v lačníku (*jejunum*), kyčelníku (*ileum*) a v tlustém střevě nepřesáhne pH tráveniny hodnotu 7,0. Epitel střeva ptáků se rychle opotřebovává, obnovuje se tedy za 48 hodin. Reece (2009) uvádí, že tenké střevo u ptáků má zřetelný dvanáctník. Dále uvádí, že jeden z jaterních vývodů vede do dvanáctníku a druhý do ústí do žlučníku. Žlučník má kur, kachna, husa a krocán.

#### 3.1.5.1.2 Lačník (*jejunum*)

Lačník je nejdelší úsek střeva. U kura to je 85 – 120 cm, u kachny 90 – 140 cm, u husy 150 – 180 cm. Poměrně dlouhé okruží u kura umožňuje lačníku vytvářet 10 – 11 kliček. Na rozhraní mezi lačníkem a kyčelníkem se nachází u kuřat krátká výduť (asi 1 cm). Ta je pozůstatkem po žloutkovém váčku. Lačník husy a kachny je uspořádán do 6 – 8 kliček, které vazivově srůstají (Marvan et al. 2011).

#### 3.1.5.1.3 Kyčelník (*ileum*)

Kyčelník je krátká část tenkého střeva (u kura 10 – 20 cm.), která v místě slepých střev přechází do konečníku. Se slepými střevy je spojen pomocí vazy a od tlustého střeva je oddělen slizniční řasou. Podklad řasy je tvořen slabým svěračem v podobě zesílené slizniční svaloviny (Marvan et al., 2011).

#### 3.1.5.2 Tlusté střevo (*intestinum crassum*)

Tlusté střevo utváří párová slepá střeva a krátký konečník, který ústí do kloaky. V názvosloví anatomie ptáků se místo označení tračník používá označení konečník (Marvan et al., 2011), Drowns (2012) dále uvádí, že tlusté střevo je velmi krátké (asi jen 10 cm) a má téměř dvojnásobný průměr než střevo tenké. Vstřebává se v něm zpět voda z tráveniny a řídí se bilance tělesných tekutin.

##### 3.1.5.2.1 Slepé střevo (*intestinum caecum*)

Slepá střeva ústí na rozmezí kyčelníku a konečníku. Můžeme na nich rozlišit tlustostěnný krček, protáhlé tělo a krátký váčkovitý hrot. Vyústění krčku je ohraničeno slizniční řasou, jejímž podkladem je svalový svěrač (Marvan et al., 2011). Do slepých střev nedostává všechna přijatá potrava. Zdá se, že je význam slepých střev u domácích ptáků menší než u ptáků divokých. Nejvýznamnější funkce slepých střev je mikrobiální zpracování celulózy. Vzhledem k větší spotřebě energie má tento proces význam zejména pro volně žijící ptáky. Moč, která se dostává do tračníku z kloaky, se může dostat až do slepých střev antiperistaltickými pohyby, které jsou největší zvláštností pohybů tračníku ptáků. Předpokládá se, že tyto pohyby probíhají neustále (Reece, 2009). Drůbež tak může podle potřeby pohybovat střevním obsahem oběma směry (Kroulík, 1996). Reece (2009) dále uvádí, že důsledkem této antiperistaltiky se slepá střeva plní. Kruhový svalový svěrač na kyčelníku zasahuje až na tračník a jeho kontrakce efektivně zabraňuje zpětnému toku tráveniny z tračníku zpět do kyčelníku.



Ve slepých střevech se kyselina močová, přítomná v moči, stává zdrojem dusíku pro bakterie, které provádějí rozklad celulózy. Další důležitou funkcí slepých střev je zpětné vstřebávání vody z moči. Tuláček (2002) uvádí, že ve slepých střevech v malém množství probíhá trávení vlákniny. Té může být v krmné dávce pro mladou drůbež do 4 %, u dospělé až do 6 %. Větší podíl celulózy snižuje stravitelnost celé krmné dávky a tím se zvyšuje spotřeba krmiva. Zelenka (2014) uvádí, že ve slepých střevech probíhá intenzivní mikrobiální trávení, při kterém jsou vytvářeny těkavé mastné kyseliny octová, máselná a propionová a produkují se i některé vitaminy. Trávenina se zde obvykle zdrží 24 – 48 hodin. Cekální výkaly obsahují méně vlákniny, jsou mazlavé, tmavší a pronikavě zapáchají. Jsou vylučovány dvakrát až třikrát za den. Na 7 – 11 běžných výkalů připadá jeden výkal ze slepých střev. Produkty fermentace ve slepých střevech zajišťují kuřatům 3 – 5 % celkové potřeby metabolizovatelné energie a u dospělé drůbeže to je až 11 %. Kodeš et al., (2003) uvádějí, že slepá střeva jsou u ptáků poměrně dlouhá a obsažná. Výjimkou jsou holubi, kteří mají slepá střeva zakrnělá a k mikrobiálnímu kvašení dochází již v tenkém střevě. Dále uvádějí, že se střeva vyprazdňují obvykle ráno.

Bakteriální populace slepých střev jako zdroj dusíku využívá pro syntézu aminokyselin kyselinu močovou. Při nedostatku dusíkatých látek je její využití vyšší než při zkrmování směsí na dusíkaté látky bohaté (Zelenka, 2014).

#### 3.1.5.2.2 Konečník (*rectum*)

Konečník představuje konečnou část střeva, která se nachází mezi kyčelníkem a kloakou. Ze srovnávacího hlediska je považováno za homologní s tračníkem savců. U kura je přímé střevo dlouhé 8 – 11 cm, u husy 16 – 22 cm, u kachny 7 – 12 cm a u holuba to je 3 – 4 cm (Černý, 2005).

#### 3.1.5.2.3 Kloaka (*cloaca*)

Kloaka je společný orgán pro trávicí, močovou a pohlavní soustavu. Lze ji rozdělit na tři, ne zcela zřetelné oddíly. Konečník přechází v rozšířené *koprodeum*, kde jsou shromažďovány výkaly. Kaudálně následuje *urodeum*, které je odděleno od předcházejícího oddílu slizniční řasou. Na stropě urodea ústí párové močovody a ventrálně – u samic levostranný vejcovod a u samců párové chámovody. Koncovou částí je *proktodeum*, které se navenek otevírá kloakálním otvorem vybaveným svěračem. V proktodeu se nachází samčí kopulační orgán a na stropě mladých ptáků ústí kloakální burza (*bursa cloacalis*, dříve *bursa Fabricii*), z níž u dospělých ptáků zůstává pouze vazivový pruh (Marvan et al., 2011).

### 3.1.6 Játra (*hepar*)

Játra jsou rozdělena u ptáků na dva laloky, na menší levý a na větší pravý lalok. U krocana a kura je ještě levý lalok rozdělen hlubokým mezilalokovým zářezem na dvě části (Černý, 2005).

Játra se nacházejí v předních ventrolaterálních kvadrantech dutiny tělní, které zcela vyplňují (Černý, 2005). Marvan et al., (2011) dále uvádí, že se játra nacházejí v jaterních pobřišničních vacích, jsou uložena v prostoru ohraničeném žebry a jen malá část jater přesahuje žebra. Svoji pozici si udržují pomocí vazů.

Mikroskopická stavba jater drůbeže je ve srovnání s poměry savců jednodušší. Základní stavební jednotka, jaterní lalůček, není vytvořen u ptáků tak, jak ho známe u savců. Výjimkou je pouze oblast parenchymu v blízkosti *porta hepatis*. Povrch jater pokrývá *peritoneum viscerale* a tenké fibrózní pouzdro, přes které prosvítá struktura jaterního parenchymu drůbeže.

Jaterní parenchym je složen z tubulů, které se vzájemně proplétají a vytváří složitou anastomozující síť. Stěnu jaterních tubulů vytvářejí jaterní buňky, hepatocyty ohraničující žlučovou kapiláru, která se nachází ve středu tubulů (Černý, 2005).

Játra jsou po slinivce břišní druhým přidruženým neboli asociovaným orgánem trávicí trubice. Vylučují do střeva svůj sekret – žluč. Žluč napomáhá emulgaci tuků, v důsledku emulgace se vytvářejí drobné tukové kapénky přístupné k dalšímu působení lipolytických enzymů.

Vhledem k celkové hmotnosti těla ptáků jsou játra mohutně vyvinutým orgánem. Velikost, hmotnost, konzistence a barva závisí druhu, věku a výživném stavu.

Barva jater zahrnuje bohatou barevnou škálu, od červenohnědé, světlehnědé až po nažloutlou barvu. Barva jater je podmíněna mj. množstvím tuku uloženého v jaterním parenchymu a obsahem krve v jaterních cévách.

Hmotnost jater dosahuje u kura 35 – 51 g, u kachny 58 – 113 g, u husy 85 – 171 g a u holuba 8 – 10,5 g. U vrubozobých jsou játra relativně větší než u holuba a kura.

Játra kromě toho, že vytvářejí trávicí enzymy, detoxikují krev a tvoří kyselinu močovou, která je poté odfiltrována ledvinami. Kyselina močová se nakonec spojuje s výkaly a objevuje se na nich v podobě bělavé plošky (Drowns, 2012).

### 3.1.7 Slinivka břišní (*pancreas*)

Pankreas je žláza s vnitřní i vnější sekrecí bledě růžové až nažloutlé barvy. Je uložena mezi serózními listy, které vzájemně spojuje obě slohy dvanáctníkové kličky. U holuba a kura vyplňuje celý prostor mezi slohami, u kachny a husy nedosahuje k vrcholu dvanáctníkové kličky.

Exokrinní složka slinivky představuje tuboalveolární žlázy, které oddělují nezřetelná septa. Na povrchu přecházejí septa v jemné pouzdro, povrch pankreatu kryje pobřišnice. V porovnání se savci není lalúčková struktura tolik patrná. Lalůčky sestavují aciny, které vystylají acinózní buňky, v jejichž cytoplazmě na apikálním buněčném konci jsou zřejmá četná eosinofilní zymogenní granula. Obsahem granulí jsou prekurzory enzymů, které jsou dále aktivovány ve střevě.

Slinivka břišní má jako orgán tři laloky. Dorzální lalok, ventrální lalok a kraniální slezinný lalok, který je v mnoha případech skryt v tukové tkáni.

Ze slinivky břišní vystupují u domácích ptáků dva až tři vývody. Dorzální, ventrální a přídatný. U holuba a kura jsou vytvořeny zpravidla tři vývody. U kachny a husy jsou to dva, ojediněle však vývody tři. Všechny slinivkové vývody vyúsťují společně do vzestupné slohy dvanáctníkové kličky a přivádějí pankreatickou šťávu do střeva.

Pankreatická šťáva je produktem exokrinní složky pankreatu, obsahuje enzymy pro chemické trávení všech základních komponentů potravy. V pankreatické šťávě byla prokázána lipáza, amyláza a proteázy včetně trypsinu (Černý, 2005).

Zelenka (2014) dále uvádí, že slinivka břišní produkuje trypsinogen, chymotrypsinogen, karboxypeptidázy, cholesterolesterázu a hydrogenuhličitan sodný, který pufruje kyselinu chlorovodíkovou vyprodukovanou ve žláznatém žaludku. Na úpravě pH se podílí též slabě alkalická žluč.

## 3.2 Trávení a resorbce

Podstatná část trávicích a vstřebávacích procesů rozpustných sacharidů, tuků a bílkovin probíhá v tenkém střevě (kromě přežvýkavců). V žaludku s největší pravděpodobností dochází pouze k minimální hydrolyze škrobu. V žaludku však začíná trávení proteinů pepsinem (Reece, 2009).

### 3.2.1 Sacharidy

Sacharidy tvoří velkou skupinu biomolekul, která zahrnuje jako podskupiny cukry (monosacharidy) a jejich polymery (oligosacharidy a polysacharidy) (Koolman et Röhm, 2009). Sacharidy tvoří s bílkovinami a tuky hlavní živiny krmné dávky zvířat. Jsou zdrojem energie a tělního tuku, složkou enzymů, aminokyselin, bílkovin, nukleových kyselin a podporných struktur. U monogastrů se sacharidy vstřebávají převážně ve formě monosacharidů. Rychlost vstřebávání sacharidů je rozdílná a závisí na způsobu transportu, nejrychleji se vstřebávají glukóza a galaktóza (Jelínek et al., 2003).

Alfa amyláza z pankreatické šťávy je enzym, který hydrolyzuje škrob na maltózu, další degradace škrobu nastává na povrchu kartáčového lemu za vlivu maltázy. Vznikající glukóza je vstřebávána aktivním transportem do epitelových buněk. Sacharóza a laktóza (disacharidy) neprocházejí lumenální fází trávení. Jejich hydrolyza nastává na povrchu kartáčového lemu pod vlivem sacharázy a laktázy. Glukóza a fruktóza, které vznikají ze sacharózy, a glukóza a galaktóza vznikající z laktózy, jsou pak vstřebávány. Glukóza a galaktóza aktivním transportem a fruktóza usnadněnou (facilitovanou) difúzí. Fruktóza je přeměňována na glukózu uvnitř epitelových buněk, poté se dostává do portálního krevního oběhu. Téměř všechna fruktóza ve střevě se může vstřebat usnadněnou difúzí vzhledem k nízkou udržované intracelulární koncentraci fruktózy. Glukóza a galaktóza potřebují pro svůj aktivní transport do buněk přítomnost Na<sup>+</sup> (kotransport neboli spřažený transport) Reece (2009).

### 3.2.2 Bílkoviny (proteiny)

Bílkoviny představují, pokud se jedná o množství, nejvýznamnější skupinu makromolekul v těle. Podíl ostatních dusíkatých sloučenin je v porovnání s tím malý. Metabolismus proteinů zahrnuje dvě velké oblasti: 1. tvorbu a odbourávání samotných bílkovin a 2. syntézu a degradaci jejich stavebních prvků (proteogenních aminokyselin) (Koolman et Röhm, 2009). Na rozdíl od tuků a sacharidů se bílkoviny neukládají do zásoby. Část jaterních

bílkovin představuje jistou rezervu a je označována jako tzv. labilní protein (Jelínek et al., 2003).

Pankreatické proteázy se dělí na exopeptidázy (karboxypeptidázy A a B) a endopeptidázy (trypsin, chymotrypsin a elastáza).

Exopeptidázy hydrolyzují proteiny na menší jednotky a endopeptidázy hydrolyzují tyto menší jednotky na oligopeptidy (mají méně než 10 aminokyselin) a na aminokyseliny. Oligopeptidy musí být dále rozloženy, protože peptidy s více než třemi aminokyselinami se nemohou vstřebávat. Následná hydrolyza probíhá na povrchu kartáčového lemu střevního epitelu za vlivu oligopeptidáz. Aminokyseliny, tripeptidy a dipeptidy jsou vstřebávány aktivním transportem, další degradace dipeptidů a tripeptidů nastává v cytoplazmě epitelových buněk. Aktivní transport peptidů a aminokyselin vyžaduje přítomnost Na<sup>+</sup> stejně jako tomu je u transportu galaktózy a glukózy (Reece, 2009). Pro vstřebávání aminokyselin je nezbytný vitamin B6, který je součástí transportních systémů aminokyselin. Rychlé vstřebávání aminokyselin je v duodenu a jejunu, pomalé v ileu (Jelínek et al., 2003).

Proces extruze přispívá k stravitelné bílkovině denurací bílkovin, modifikací postranních řetězců aminokyselin a denurací antinutričních látek. Denaturace bílkovin vede ke zvýšené stravitelnosti (Cheftel, 1979).

### **3.2.3 Tuky (lipidy)**

Triacylglyceroly jsou v potravě částečně emulgovány v žaludku v důsledku jeho pohybů, čímž dochází k jejich promíchání s fosfolipidy a dalšími složkami chymu (směs potravy a žaludečních sekretů). K další emulgaci dochází po vstupu tráveniny do tenkého střeva v důsledku přítomnosti lecitinu a solí žlučových kyselin. Následné promíchání s pankreatickou lipázou má za následek tvorbu nových mastných kyselin, monoacylglycerolů a glycerolu. Se solemi žlučových kyselin se tvoří mikroemulze (micelární roztoky) a tím je umožněn jejich rychlý transport na kartáčový lem. Mastné kyseliny, glycerol a monoacylglyceroly se vstřebávají jednoduchou difúzí.

Monoacylglyceroly a mastné kyseliny jsou znovu syntetizovány na triacylglyceroly uvnitř epitelových buněk a spolu s cholesterolem a fosfolipidy tvoří chylomikra, která jsou obalena bílkovinnou blanou. Chylomikra jsou podobná micelám svou rozpustností ve vodě. Rozpustnost ve vodě získaná jejich bílkovinným obalem jim umožňuje vystoupit z buněk a tak se chylomikra mohou dostat do chylového kanálku na vrcholu klku a přes mizní oběh do krve (Reece, 2009).

## 3.3 Úprava krmiv

### 3.3.1 extruze

V posledních letech se technologie extruze značně využívá při výrobě krmiv pro zvířata, protože má tato technologie mnoho výhod, včetně možnosti široké aplikace, vysoké produktivity, energetické účinnosti a vysoké kvality výsledného produktu (Moritz et al., 2005). Extruze může zvýšit stravitelnost bílkovin, aminokyselin a dusíku (Al-Marzooqi et Wiseman, 2009).

Extruze patří mezi tzv. HTVS (high teperature-short time) metody tepelných úprav materiálu (Zeman et al., 2006), které jsou založeny na použití vysoké teploty po velmi krátkou dobu (Wood, 1987). Principem extruze je ohřátí materiálu na vysokou teplotu buď přímo v pracovním prostoru extrudéru (suchá extruze) nebo v prokondicionéru, kde se i zvlhčí většinou párou (2 – 4 %) na optimální vlhkost (22 – 29 %) a během dvou až tří minut za stálého míchání se zahřeje na 80 – 95 °C (vlhká extruze). Posunem pomocí šnekovnice extrudéru je materiál znovu promícháván a za zvyšování teploty a tlaku dochází k hlubokým biochemickým změnám a plastifikaci materiálu (mazovatění škrobu). Nakonec je materiál protlačen matricí a při výstupu z extrudéru se rozpíná a ztrácí až 10 % své vlhkosti. Pro rychlé dosažení vysoké teploty je někdy první část extruzního pouzdra předeřhřívána. K protlačení přes matrici je potřeba velký tlak, pokud není v zrně dostatek tuku, vhání se nástřikovými tryskami do pláště extrudéru pára pod tlakem 0,1 – 0,2 MPa. Uspořádáním jednotlivých částí šnekovnice a nastavením otáček rotoru lze měnit dobu průchodu materiálu pracovním prostorem, ta je zpravidla menší než jedna minuta. Pokud je použita vlhká extruze, má extrudovaný materiál výstupní vlhkost 20 – 30 % a je zapotřebí ho sušit (Zeman et al., 2006).

Maillardova reakce probíhá především u extruze za vysokých teplot a nízké vlhkosti, zvýšením vlhkosti (použitím vlhké extruze) můžeme její riziko snížit. Extruzí se dosahuje vyššího stupně mazovatění škrobu, což zvyšuje stálost ve vodě (neuvolňují se živiny do vody) a to je velmi důležité u krmiv pro ryby (Zeman et al., 2006).

Nejčastěji se využívají extrudéry šnekovnicové, které rozdělít na jedno či dvoušnekovnicové s prekondicionérem (vlhké teplo) nebo bez něho (suché teplo). U jednošnekovnicového extrudéru slouží prekondicionování k prodloužení doby pobytu materiálu v tepelné zóně, snížení potřeby mechanické energie a zvýšení výkonnosti. Dvoušnekovnicové extrudéry můžeme dále rozdělít na extrudéry s protiběžně nebo se souběžně rotujícími šnekovnicemi. Šnekovnice je uvnitř extruzního pouzdra, které může být na povrchu

hladké nebo drážkované jako šnekovnice. Šnekovnice má povětšinou tvar vícechodného závitů. Dvoušnekovnicové soustavy jsou buď uzavřené nebo otevřené (pokud proudí materiál mezi šnekovnicemi). Šnekovnice mohou být vcelku nebo skládačkového typu – na hřídeli (minimalizují se tak náklady na výměnu poškozené části šnekovnice). Na šnekovnici se nasazují k dokonalému propracování hnětací a brzdící prvky, které nevyvolávají při rotaci žádný pohyb materiálu. V unášecí části extrudéru se zvyšuje tlak, který bezprostředně za hnětací částí klesá, což vede k uvolnění vody a těkavých látek. Nejpoužívanější jsou dvoušnekovnicové extrudéry se souběžně rotujícími šnekovnicemi, kde se využívá vysokých otáček rotoru, je zabezpečeno intenzivní míchání a zpracování i lepivého a těžce posunovatelného materiálu (aby byl materiál posouván, nesmí se nalepovat na šnekovnici a rotovat s ní). Dvoušnekovnicový extrudér s protiběžně rotujícími šnekovnicemi pracuje s extrémně vysokými tlaky, vyznačuje se slabším míchacím účinkem (materiál většinou nemůže pronikat z jedné komory do druhé), je nízkootáčkový, vhodnější pro materiály s nízkou viskozitou (Zeman et al., 2006).

### **3.3.2 granulace**

Patří mezi nejčastější úpravy krmných směsí především pro svojí příznivou cenu (Otrubova, M., 2017). Zeman et al. (2006) dále uvádí, že granulaci lze řadit mezi tepelné úpravy, i když teploty dosahované u granulí jsou přibližně 80 °C (před granulováním dochází po dobu 1 – 10 minut k napařování či kondicionování). Při této teplotě již jsou původci salmonely zničeni více než z 90 %.

Vlivem vysoké teploty dochází ke zmazování škrobu, který spolu s dalšími fyzikálními vlivy zajistí soudržnost finálního produktu. Díky výrobnímu procesu jsou ingredience směsi rovnoměrně rozmístěny v každé granulě, jsou méně prašné a zabírají i méně místa. Také se zamezí třídění a oddělování jednotlivých složek krmné dávky (Otrubová, M., 2017).

### 3.4 Pšenice

Pšenice (*Triticum aestivum*) je ve světovém měřítku druhou nejvýznamnější obilovinou. (Novotný et al., 2014). Má svou nezastupitelnou roli ve výživě zvířat i lidí (Hrubín, 1991). Pšeničná zrna poskytují 20 % denního příjmu bílkovin 2,5 miliardy lidí v méně rozvinutých zemích (Braun et al., 2010). Náklady na krmivo přispívají největší mírou z celkových nákladů na výrobu kuřecího masa Khatlak et al., 2006). Krmivo představuje přibližně 70 % z celkových nákladů v produkci drůbežního masa (Abdollahi et al. 2011). Při výrobě krmiv pro získání maximální produkce kuřecího masa jsou nákladné nejen suroviny na jejich výrobu, ale též jejich zpracování (Beuković et al., 2010; Gracia et al., 2010; Wu et Ravindran, 2004).

Zatímco největší podíl produkce pšenice se zkrmuje, větší část osevních ploch je pěstována s cílem dosažení potravinářské kvality a tím i vyšší realizační ceny. Proto jsou u nás v osevních plánech dominantní odrůdy jakostní skupiny A a E. Logicky poté putuje část potravinářské pšenice do krmných fondů, ačkoliv z hlediska krmivářských požadavků na skladbu bílkovin zrna tomuto účelu naprosto nevyhovuje. Jde hlavně o nežádoucí vyšší podíl bílkovin tvořících lepek, zejména málo rozpustných frakcí prolaminů a gluteninů. To zapříčiňuje nižší konverzi bílkovin v trávicím traktu monogastričních zvířat. Rovněž koncentrace esenciálních aminokyselin nespĺňuje požadavky krmivářů (Zimolka et al., 2005).

Minimální sušina pšenice by měla být 86 %. Desetiprocentní zastoupení jemně šrotované pšenice v krmné směsi stačí ke zlepšení pevnosti granulí. Jemně šrotovaná pšenice v netvarované směsi se může nalepovat v zobáku drůbeže a tak vést k jeho deformacím. Doporučený obsah ve směsi je do 20 – 25 %, při doplnění enzymů, pokud je to ekonomicky výhodné, i 50 %. Při velkém podílu pšenice se tvoří nálepy v okolí kloaky a vznikají problémy s příliš vlhkou podestýlkou. Vysoký obsah pšenice je jedním z predispozičních faktorů nekrotické enteritidy drůbeže. Čerstvě sklizená pšenice je hůře stravitelná a negativně ovlivní užitkovost. Pravděpodobným důvodem je vyšší obsah rozpustných neškrobových polysacharidů. Při posklizňovém dozrávání se jejich množství snižuje 2 až 4 týdny po sklizni. Pšenice obsahuje více fytázy než je tomu u jiných obilnin, a proto jsou živiny vázané ve fytátech lépe využívány. Teplem při granulaci směsi může být fytáza zničena (Zelenka, 2014).

Průměrné hmotnostní podíly zrna jsou následovné: otruby mají 15%, endosperm má 82 % a klíček 3 % (Příhoda et al., 2003).



### **3.4.1 Pšenice potravinářská**

V současnosti je kvalita potravinářské pšenice hodnocena podle norem EU, které přepisují hodnocení kvality odrůd v pekárenském pokusu metodou „Rapid mixet test“ (RMT). Při výkupu pšenice jsou používány také nepřímé metody, nejčastěji obsah N-látek, sedimentační hodnota a číslo poklesu. Od roku 1998 jsou pšenice vhodné pro pekárenské zpracování členěny dle jakosti do následujících skupin: elitní pšenice E, kvalitní pšenice A, chlebové pšenice B a nevhodné pšenice C. Cílem je zařadit každou odrůdu do přesně definované jakostní kategorie a tím umožnit pěstiteli a spotřebiteli vybrat si optimální odrůdu pro daný užitkový směr (Zimolka et al., 2005).

### **3.4.2 Krmná pšenice**

Krmná pšenice tvoří nejvýznamnější podíl využití pšenice. Jedná se o nepotravinářské odrůdy pšenice s menším podílem nerozpustných frakcí bílkovin (gluteninu, prolaminu) a vysokým bílkovinným indexem (PER). Je to poměr mezi hmotnostním přírůstkem a množstvím přijatých bílkovin (Petr, 2001).

### **3.4.3 Waxy pšenice**

Voskové (Waxy) pšenice (*Triticum aestivum* L.), je druh pšenice, který byl poprvé vyvinut v Japonsku (Fujita et al., 2012). Waxy pšenice obsahují velmi nízkou koncentraci amylosy (zpravidla méně než 2 %) v endospermu. Zbytek tvoří amylopektin (Delwiche et Graybosch, 2016). Voskový škrob se liší od běžného škrobu, protože obsahuje v podstatě 100 % amylopektinu (Li et al., 2016).

### **3.4.4 Škrob**

Škrob je hlavním zdrojem energie v krmivu drůbeže (Svihus, 2011). Více než 50 % metabolizovatelné energie v krmivech pro drůbež je zajištěna škrobem. Škrob se nachází jako zásobní sacharid v zrnech obilovin. (Banks and Muir, 1980). Pšeničný škrob se skládá z přibližně 28% amylozy a 72% amylopektinu a je hlavní složkou zrna, která představuje 72% hmotnosti zrna (Buléon et al., 1998). Škrob je obsažen v endospermu v zrnech obilovin. Jeho obsah tvoří v sušině obilek přibližně 60 – 70 % a kolísá zhruba v uvedených rozmezí podle druhů a odrůd. Obsah v mouce, která je tvořena zejména endospermem, je vyšší 75 – 80 % sušiny. Škrob se obecně vyskytuje v obilovinách a rostlinách ve formě škrobových zrn, která se u jednotlivých druhů liší velikostí a tvarem. Škrob není sám o sobě chemickým

individuem, protože se sestává ze dvou frakcí (amylózy a amylopektinu). Obě tyto frakce jsou z hlediska chemického složení tvořeny stejně, jejich základními stavebními jednotkami jsou molekuly glukózy (Příhoda et al., 2003). Škrobová struktura obilovin je důležitým faktorem trávení škrobu a je proto považována za klíčový faktor pro stanovení kvality škrobu v krmivech. Trávení škrobu je také ovlivněno jinými faktory, jako jsou plemeno, věk, pohlaví, příjem krmiva a průchod krmiva v gastrointestinálním traktu zvířete. Tudíž stravitelnost škrobu trávicího traktu u drůbeže závisí na mnoha faktorech, včetně poměru amylózy a amylopektinu. Proces extruze je také jedním z hlavních faktorů ovlivňujících stravitelnost škrobu jeho želatinací (Nayak et al., 2014). Škrob se hromadí v granulích v endospermu a skládá se ze dvou různých glukosových polymerů, jmenovitě amylózy a amylopektinu. (Heijnen, 1997, Buleon et al., 1998). Negativní vztah mezi poměrem amylózy k amylopektinu a rychlostí štěpení škrobu je dobře znám (Abdel-Aal et al., 2002, Bednar et al., 2001). Škroby s vysokým obsahem amylopektinu byly rychleji rozloženy než ty, které mají vysoký obsah amylózy (Svihus et al., 2005). Hydrolyza škrobu se většinou provádí působením pankreatické amylázy v duodenu a jejunu, která hydrolyzuje většinu (1-4) glykosidických vazeb v amylóze a amylopektinu (Lehmann et Robin, 2007). Během hydrolyzy se amylóza rozkládá na maltózu a maltotriózu. Amylopektin se degraduje na maltózu, maltotriózu a dextriny (Moran, 1982). Snad nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje stravitelnost škrobu na úrovni celkového traktu nebo ilea, je dostupnost škrobové frakce trávicími enzymy. Dostupnost je určena několika faktory: velikosti granulí, tvaru, plochy povrchu (Singh et al., 2007). Stručně řečeno, nižší náchylnost velkých granulí škrobů k enzymatické hydrolyze byla přičítána jejich menšímu specifickému povrchu granulí, což může snížit rozsah enzymové vazby a nakonec vedlo k menší hydrolyze než u granulí malých (Tester et al., 2006). Vodíkové vazby, které spojují glukózové řetězce v amylózovém škrobu, způsobují, že molekuly amylózy jsou méně náchylné na působení amylázy ve srovnání s molekulou amylopektinu, protože lineární řetězce v amylopektinu jsou mnohem kratší (Åkerberg et al., 1998).

### **3.4.5 Bílkoviny**

Proteiny jsou biopolymery, jejichž molekuly dosahují někdy ohromných rozměrů. V principu jsou však všechny vybudovány stejným způsobem. Molekuly bílkovin jsou tvořeny vždy různě dlouhými řetězci aminokyselin spojených vzájemně tzv. peptidovou vazbou (Příhoda et al., 2003).

Proteiny jsou hlavními složkami pšeničného zrna, které upravují kvalitu konečného užití (Perrotta et al., 1998; Wardlaw and Wrigley, 1994). Proteiny v zrnech pšenice jsou rozděleny

na albuminy, globuliny, gliadiny a gluteniny (Liu et al., 2012). Albuminy a globuliny jsou rozpustné bílkoviny (Dong et al., 2012). Gliadiny a gluteniny (lepek) jsou zásobní bílkoviny, které hrají významnou roli ve viskoelastických vlastnostech těsta (Plessis et al., 2013). Aplikace dusíku (N) významně zvýšila celkový obsah bílkovin pšenice (Gao et al., 2012), ale má různé účinky na každou frakci proteinů (Dubetz et al., 1979). Zvýšená aplikace dusíku byla například prospěšná pro tvorbu gliadinu a gluteninu (Pechanek et al., 1997; Daniel and Triboř, 2000), ale jen sotva ovlivnila albuminy a globuliny (Wieser and Seilmeier, 1998), a v některých případech způsobila jejich pokles v zrnech (Dubetz et al., 1979). Akumulace bílkovin v zrnech pšenice je do značné míry závislá na vstřebávání dusíku rostlinami, která je řízena několika enzymy (Braun et al., 2010).

V krmných dávkách uhrazuje pšenice velkou část dusíkatých látek a energie. V porovnání s ostatními obilninami má nejvyšší obsah NL (v průměru 12,5 %). Je vhodná pro všechny druhy a kategorie zvířat i v poměrně vysokých podílech v krmné dávce, popřípadě i jako jediná zrnina (Zeman et al., 2006). Zelenka (2014) dále uvádí, že má pšenice variabilní obsah dusíkatých látek (10 – 18 %), proto je důležité pracovat s hodnotami stanovenými vlastním rozbořem.

Dle Osborna můžeme rozdělit frakce pšeničných bílkovina na základě jejich rozpustnosti v různých rozpouštědlech:

Globuliny (rozpustné v roztocích solí)

Prolaminy (Gliadiny) (rozpustné v 70% etanolu)

Albuminy (rozpustné ve vodě)

Gluteliny (zčásti rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad)(Přihoda et al., 2003).

*Tabulka 1: Podíl jednotlivých frakcí bílkovin u pšenice (%)*

FRAKCE	PŠENICE
Albuminy	12,7
Globuliny	9,9
Prolaminy	49,7
Gluteniny	20,1
Zbytky	7,6

*(Čerešňáková, 1991)*

## 4 Materiál a metodika

Ve výzkumu bylo zkoumáno celkem 20 odrůd pšenice seté sklizených v roce 2017 v lokalitě Uhřetice.

Z 20 odrůd bylo 11 odrůd DH linie 08 (104, 108, 109, 113, 118, 120, 121, 128, 137, 139, 145.). Některé mají žitnou translokaci a některé ne. Dále byly posuzovány dvě odrůdy jarní pšenice (U1583A a U1596A), které jsou označovány jen čísly 1583 a 1596. Dále byly zkoumány dvě tzv. waxy pšenice (Waximum a Waxy-Pen). Jedná se o tvrdé pšenice tzv. „voskové pšenice“, u kterých byly zjištěny velmi dobré vlastnosti pro pekárenský průmysl. Nakonec bylo zkoumáno pět komerčně používaných odrůd (Bonanza, Vanessa, Gordian, Steffi a Tobak).

Pšenice byly testovány na kuřecích brojlerech, na každou odrůdu byla skupina o čtyřech brojlerech Ross 308. Bilanční pokus byl proveden na kuřatech ve stáří 35 dnů, se získáním tráveniny pro zjištění hodnot ileální stravitelnosti živin. Tři dny před získáním tráveniny z ilea byla brojlerům ustájených v individuálních klecích podávána pšenice s indikátorem stravitelnosti oxidem chromitým v dávce 1 %.

Pro stanovení dusíkatých látek a sušiny se postupovalo dle normy 152/2009, ze dne 27. ledna 2009, kterým se stanoví metody odběru vzorků a laboratorního zkoušení pro úřední kontrolu krmiv (Evropská komise, 2012). Při stanovování oxidu chromitého a bilanční stravitelnosti živin indikátorovou metodou se postupovalo dle Zkoušení a posuzování krmiv (Kacerovský et al., 1990).

### 4.1 Metodika

#### **Metodika stanovení dusíkatých látek (dusíku) metodou podle Kjeldahla**

Dusíkaté látky byly stanoveny metodou podle Kjeldahla na přístroji Kjeltec 2400 (Foss). Vzorek se mineralizuje při 420 °C koncentrovanou kyselinou sírovou (96 %) za přítomnosti pentahydrátu síranu mědnatého jako katalyzátoru. Kyselý roztok se alkalizuje roztokem hydroxidu sodného. Amoniak se vydestiluje a jímá se do 4% kyseliny borité a přebytek se titruje standardním roztokem 0,1 M kyseliny chlorovodíkové. Výsledky jsou uváděny jako dusíkaté látky (NL) po vynásobení obsahu dusíku faktorem 6,25.

#### **Stanovení sušiny**

Je zbytek po vysušení při 103 °C do konstantní hmotnosti. Do vysušených hliníkových vysoušeček bylo naváženo cca 5 g vzorku s přesností na 4 desetinná místa. Vysoušečky

se vzorky byly ponechány v sušárně při 103 °C po dobu minimálně 4 hodiny. Po vychladnutí byly vysoušečky zvaženy a vypočítána sušina podle vzorce:

$$\% \text{ sušiny} = \frac{(\text{hmotnost vysušeného vzorku} - \text{hmotnost prázdné misky}) \cdot 100}{\text{navážka}}$$

### **Indikátorová metoda stravitelnosti živin**

Indikátorovou metodou bylo stanoveno množství NL a škrobu v krmivu a trávenině v ileu. V krmivu a trávenině v ileu bylo stanoveno rovněž množství indikátoru. V ileu se objevuje veškerý indikátor, z přijatých živin však jen živiny nestrávené. Indikátory přidávané ke krmivu musí být nestravitelné a nesmějí ovlivňovat trávení. Jako indikátor byl použit oxid chromitý.

$$\text{Koeficient bilanční stravitelnosti} = 100 - \frac{i_{\text{krm}} \times \text{ž}_{\text{ileum}}}{i_{\text{ileum}} \times \text{ž}_{\text{krm}}} \times 100$$

Kde:

$i$  = obsah indikátoru v sušině v procentech<sub>g</sub>

$\text{ž}$  = obsah živiny v sušině v procentech

index krm = v krmivu

index ileum = v ileu

Ileální stravitelnost NL a škrobu byla vypočtena z poměru stanovených živin v krmivu (NL a škrob) a trávenině v ileu pomocí indikátorové metody.

### **Stanovení oxidu chromitého**

Navážka vzorku 0,5 g krmiva (u výkalů stačí 0,2 g) do 100 ml Erlenmeyerovy baňky, bylo přidáno 20 ml oxidačního činidla a dále se vzorek vařil na pískové lázni. Po změně barvy z černé přes zelenou až nakonec na hnědou se vzorek sundal z pískové lázně a nechal zchladnout. Dále byly přidány 2 ml 70% kyseliny chloristé a vzorek se nechal přejít varem. Opět se nechal vychladit a kvantitativně převést do 250 ml titrační baňky. Přidalo se 100 ml destilované vody, 3 varné kamínky, opět se dal vařit, dokud se neodpařilo alespoň 1/4 objemu, poté se vzorek nechal opět vychladnout.

Po vychladnutí se do baňky přidal 1 g jodidu draselného, rozmíchal a titroval roztokem thiosíranu sodného. Při titraci, po zmírnění intenzity barvy se do roztoku přidalo 10 ml

škrobového mazu a po výrazném zmírnění intenzity modré barvy se opatrně titrovalo do odbarvení roztoku.

Výpočet procentického množství oxidu chromitého:

$$x = \frac{\textit{spotřeba thiosíranu sodného} \cdot \textit{faktor} \cdot 0,2533}{\textit{navážka}}$$

### **Stanovení škrobu**

Škrob se stanovoval na přístroji Tecan Infinity M200.

1) Do zkumavky se přesně navážilo 100 mg vzorku přidá se 0,2 80% etanolu, vzorek se zamíchá s pomocí vortexu. Okamžitě se přidaly 3 ml termostabilní  $\alpha$ -amylázy. Inkuboval se ve vroucí vodní lázni 6 minut (zkumavka se intenzivně promíchala po 2, 4 a 6 minutách).

2) Zkumavka se umístila do lázně při 50°C, přidá se 0,1 ml obsahu láhve 2 (amyloglukosidáza, 330 U). Zkumavka se zamíchala na vortexu a dala se dále inkubovat na dobu 30 minut při 50°C.

3) Celý obsah zkumavky se přenesl do 100 ml volumetrické baňky (s pomocí nálevky při přenosu). A zkumavka se důkladně propláchla destilovanou vodou. Baňka se doplnila do 100 ml destilovanou vodou. Odebrala se část roztoku a centrifugovala se při 3000 rpm po dobu 10 minut. Čistý nezředěný supernatant byl použit pro měření.

### **Stanovení tuku**

Vzorek se extrahuje petroletherem. Rozpouštědlo se oddestiluje, zbytek se vysuší a zváží.

### **Stanovení popelovin**

Vzorek se zpopelní při 550 oC; zbytek se zváží.

### **Vlánina (hrubá vláknina CP)**

Stanovuje se metodou dle Henneberga – Stohmana – jako organická hmota po 30 minutové hydrolyze vzorku v 1,25 % roztoku kyseliny sírové, 1,25 % roztoku hydroxidu draselného, po promytí organickým rozpouštědlem a po odečtení popela za předepsaných podmínek.

### **Bezdušikaté látky výtahkové (BNLV)**

Obsah se stanovuje nepřímo výpočtem z údajů získaných chemickou analýzou, jako zbytek sušiny po odečtení obsahu dusíkatých látek, tuku a vlákniny.

### **NDF (neutrálně detergentní vláknina)**

Neutrálně detergentní vláknina zahrnuje celkový obsah celulózy, ligninu a hemicelulózu.

### **ADF (acido detergentní vláknina)**

Acidodetergentní vláknina obsahuje lignin acelulózu.

## 5 Výsledky

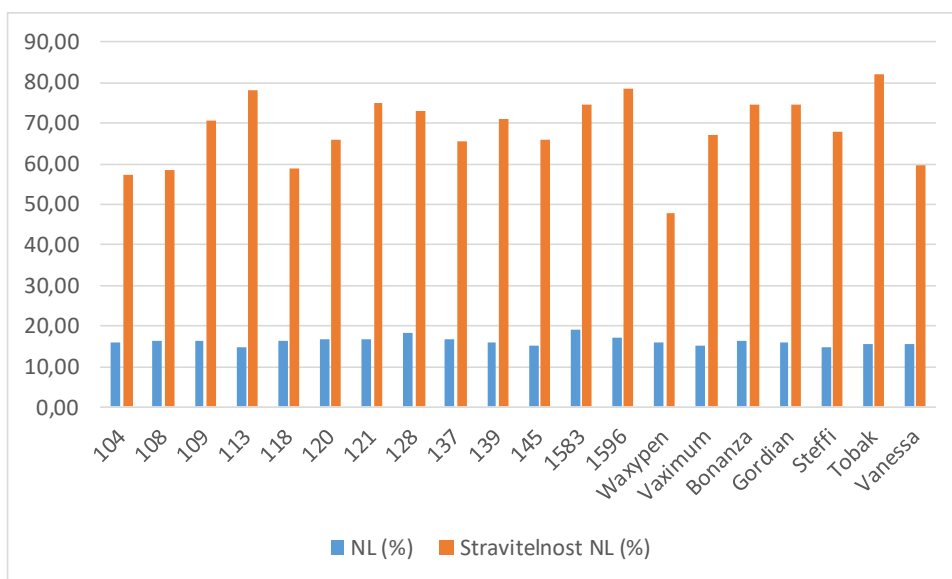
### 5.1 Pšenice – sledované živiny

Veškeré hodnoty jsou uváděné ve 100% sušině.

Tabulka č. 2: Přehled NL, sražitelnosti NL, žitné translokace, pekařské kvality

Odrůda	NL (%)	Stravitelnost NL (%)	Žitná translokace
104	16,04	57,17	ne
108	16,23	58,38	ano
109	16,35	70,64	ne
113	14,90	78,27	ne
118	16,43	58,75	ano
120	16,65	65,92	ano
121	16,75	74,82	ne
128	18,37	73,16	ne
137	16,63	65,59	ano
139	16,08	71,14	ano
145	15,01	65,91	ano
1583	19,12	74,77	
1596	17,05	78,43	
Waxypen	15,86	47,70	
Vaximum	15,23	66,98	
			Pekařská kvalita
Bonanza	16,34	74,56	C
Gordian	15,90	74,75	B
Steffi	14,91	67,73	B
Tobak	15,68	81,88	A
Vanessa	15,46	59,60	C

Graf č. 1: Přehled NL, stravitelnost NL



Obsah dusíkatých látek se pohybuje v rozmezí od 14,90 do 19,12 %. Nejvyšší obsah dusíkatých látek má pšenice odrůdy 1583 (19,12 %), nejnižší má pak odrůda 113 (14,90 %).

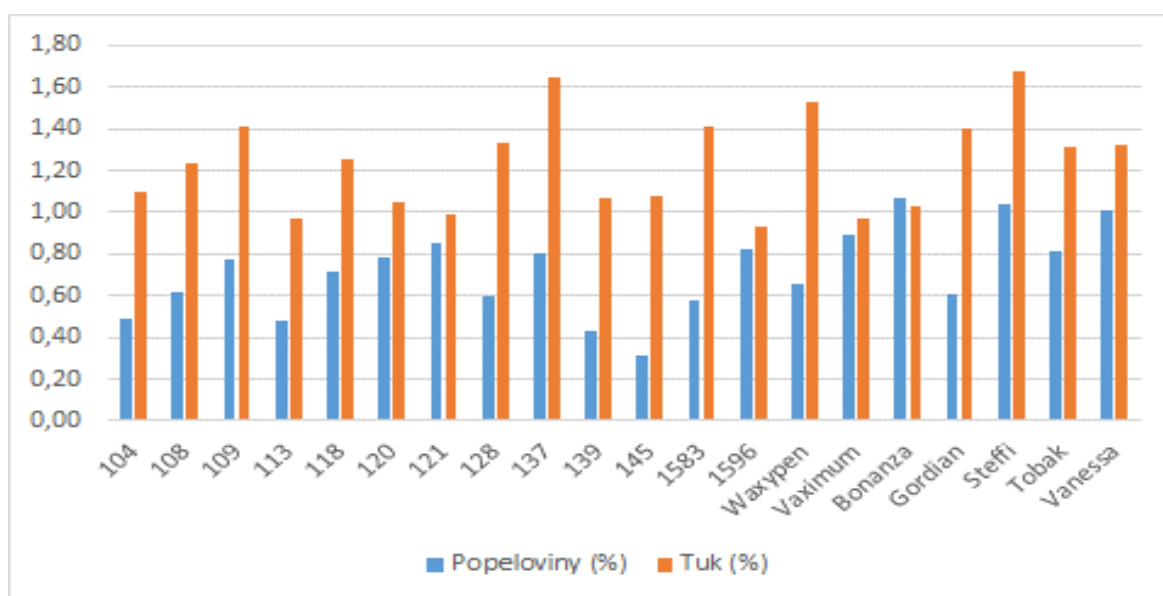
Stravitelnost dusíkatých látek se pohybuje od 47,70 do 81,88 %. Nejvyšší stravitelnost má odrůda Tobak (81,88 %), nejnižší pak odrůda Waxypen (47,70 %).



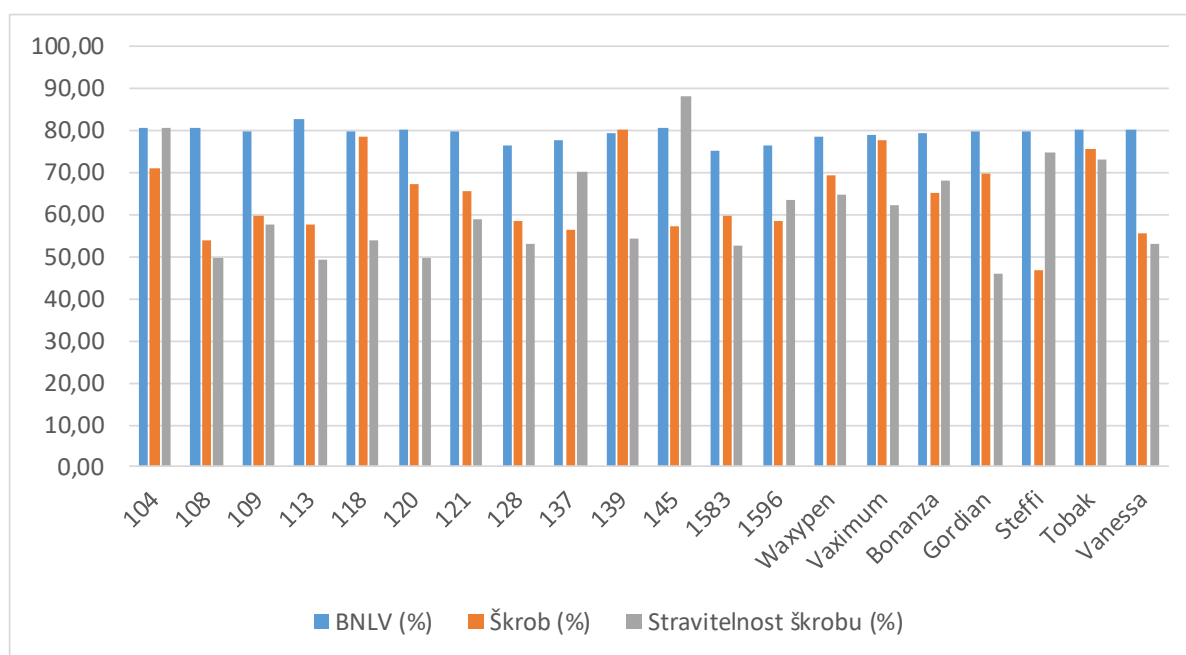
Tabulka č. 3: Přehled hodnot popelovin, tuku, BNLV (bezdušikaté látky výtažkové), škrobu a stravitelnosti škrobu

Odrůda	Popeloviny (%)	Tuk (%)	BNLV (%)	Škrob (%)	Stravitelnost škrobu (%)
104	0,49	1,10	80,61	71,08	80,68
108	0,61	1,24	80,76	54,11	49,60
109	0,77	1,41	79,91	59,72	57,87
113	0,48	0,97	82,85	57,90	49,40
118	0,71	1,25	79,91	78,74	53,87
120	0,78	1,05	80,37	67,47	49,78
121	0,86	0,99	79,96	65,83	58,97
128	0,60	1,33	76,66	58,72	52,95
137	0,81	1,64	77,62	56,25	70,39
139	0,44	1,07	79,38	80,26	54,17
145	0,31	1,08	80,83	57,38	88,17
1583	0,58	1,41	75,30	59,59	52,70
1596	0,83	0,93	76,63	58,57	63,69
Waxyphen	0,66	1,53	78,61	69,37	64,80
Vaximum	0,89	0,97	78,97	77,89	62,43
Bonanza	1,07	1,03	79,45	65,14	67,97
Gordian	0,60	1,41	80,05	69,71	45,91
Steffi	1,04	1,68	79,86	46,64	74,67
Tobak	0,81	1,31	80,20	75,49	73,35
Vanessa	1,01	1,32	80,33	55,48	53,29

Graf č. 2: Přehled hodnot popelovin a tuku



Graf č. 3: Přehled hodnot BNLV, škrobu a stravitelnosti škrobu



Obsah popelovin se pohybuje v rozmezí od 0,31 % do 1,07 %. Nejvíce popelovin má odrůda Bonanza (1,07 %) a nejméně odrůda 145 (0,31 %).

Obsah tuku se pohybuje v rozmezí od 0,93 % do 1,68 %. Nejvíce má odrůda Steffi 1,68 %) a nejméně odrůda 1596 (0,93 %).

Obsah BNLV se pohybuje v rozmezí od 75,30 % do 80,83 %. Nejvíce má odrůda 145 (80,83 %) a nejméně odrůda 1583 (75,30 %).

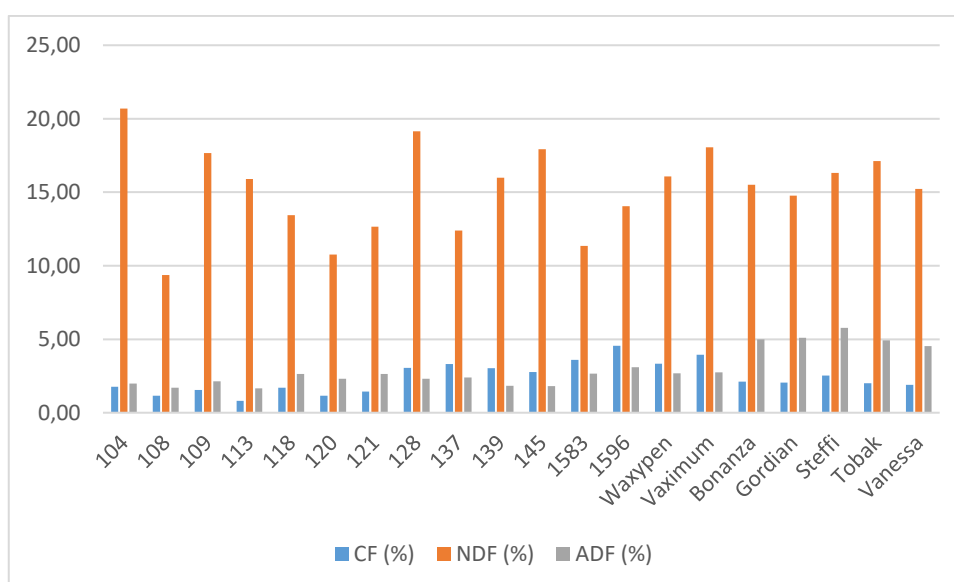
Obsah škrobu se pohybuje v rozmezí od 46,64 % do 80,26 %. Nejvíce má odrůda 139 (80,26 %) a nejméně odrůda Steffi (46,64 %).

Hodnoty stravitelnosti škrobu se pohybují v rozmezí od 45,91 % do 88,17 %. Nejvyšší stravitelnost škrobu má odrůda Gordian (45,91 %) a nejnižší má odrůda 145 (88,17 %).

Tabulka č. 4: Přehled hodnot vlákniny

Odrůda	CF (%)	NDF (%)	ADF (%)
104	1,76	20,68	1,98
108	1,15	9,36	1,71
109	1,55	17,67	2,13
113	0,80	15,91	1,66
118	1,69	13,45	2,63
120	1,15	10,75	2,32
121	1,44	12,66	2,64
128	3,05	19,13	2,30
137	3,31	12,39	2,40
139	3,04	15,98	1,83
145	2,77	17,92	1,81
1583	3,59	11,36	2,66
1596	4,56	14,05	3,10
Waxyphen	3,33	16,08	2,67
Vaximum	3,95	18,05	2,74
Bonanza	2,12	15,51	5,00
Gordian	2,04	14,77	5,10
Steffi	2,52	16,32	5,78
Tobak	2,00	17,13	4,93
Vanessa	1,89	15,22	4,54

Graf č. 4: Přehled hodnot vlákniny



Hodnoty hrubé vlákniny (CF) se pohybují v rozmezí od 0,80 % do 4,56 %. Nejvyšší hodnotu má odrůda 1596 (4,56 %) a nejnižší má odrůda 113 (0,80 %).

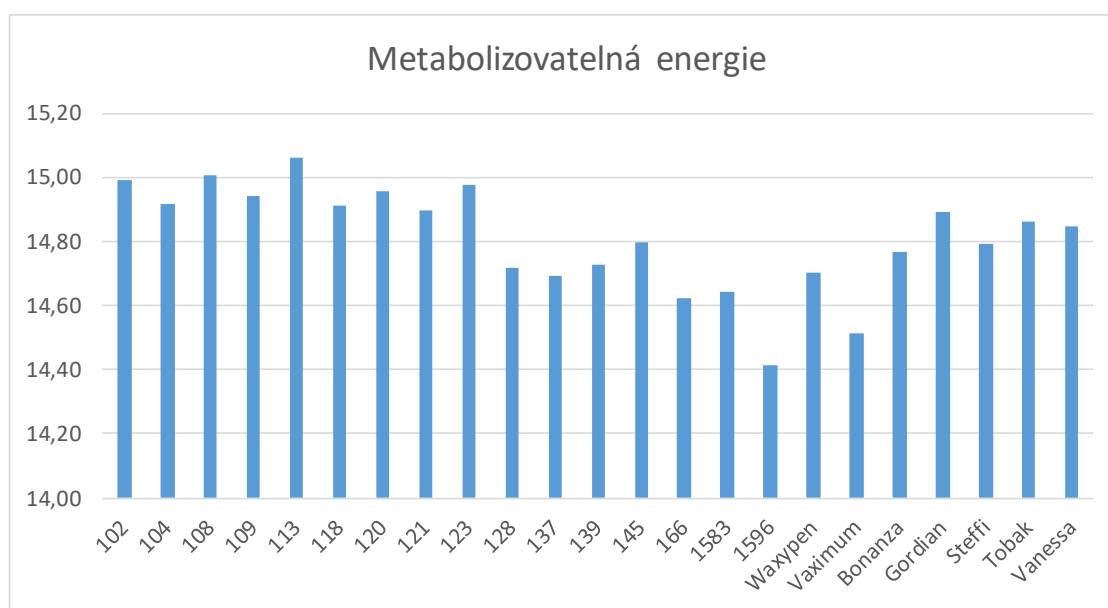
Hodnoty neutrálně detergentní vlákniny (NDF) se pohybují v rozmezí od 9,36 % do 20,68 %. Nejnižší hodnotu má odrůda 108 (9,36 %) a nejvyšší má odrůda 104 (20,68 %).

Hodnoty acido detergentní vlákniny se pohybují v rozmezí od 1,66 % do 5,78 %. Nejvyšší hodnotu má odrůda Steffi (5,78 %) a nejnižší má odrůda 113 (1,66 %).

*Tabulka č. 5: Metabolizovatelná energie pro drůbež v sušině jednotlivých odrůd*

Odrůda	Metabolizovatelná energie (MEn)
102	14,99
104	14,92
108	15,01
109	14,94
113	15,06
118	14,91
120	14,96
121	14,90
123	14,98
128	14,72
137	14,69
139	14,73
145	14,80
166	14,62
1583	14,64
1596	14,42
Waxypen	14,70
Vaximum	14,51
Bonanza	14,77
Gordian	14,89
Steffi	14,79
Tobak	14,86
Vanessa	14,85

Graf č. 5: Metabolizovatelná energie pro drůbež v sušině jednotlivých odrůd



Hodnoty metabolizovatelné energie pro drůbež u odrůd pšenice se pohybují okolo 15 MJ. Nejvíce má odrůda 113 (15,06 MJ) a nejméně má odrůda 1596 (14,42 MJ).

Metabolizovatelná energie se vypočítala dle vzorce:

$$ME = 14,61 * NL + 26,4 * Tuk + 15,24 * BNLV$$

## 5.2 Statistické vyjádření výsledků

Výsledky pokusu byly vyhodnoceny statistickým programem SAS 9.3 (SAS/STAT® 9.3, 2011). Pro stanovení základních parametrů souborů byla využita procedura UNIVARIATE. Vztahy mezi proměnnými byly vyhodnoceny pomocí korelačních koeficientů vypočtených za pomoci procedury CORR. Pro hodnocení rozdílů mezi efekty byla použita procedura GLM, s následným detailním vyhodnocením pomocí Tukey-Kramerova testu.

V rámci provedeného pokusu byl sledován 1 efekt a jeho vzájemná interakce, která byla zahrnuta do statistického vyhodnocení. Efektem byl rozdíl různých odrůd pšenice seté.

d

Tabulka č. 6: Základní popisné statistiky stravitelnosti dusíkatých látek

odrůdy	n	$\bar{x}$	s	min.	max.	$S_{\bar{x}}$	V (%)
<b>s translokací</b>	6	64,28	4,61	58,07	72,78	1,88	7,18
<b>bez translokace</b>	5	70,81	7,30	57,12	78,91	3,26	10,31
<b>jarní</b>	2	76,60	1,84	74,72	78,73	1,30	2,41
<b>waxy</b>	2	57,34	9,64	47,42	67,20	6,82	16,81
<b>komerční</b>	5	71,70	7,54	59,48	82,15	3,37	10,51
<b>KS NL</b>	20	69,92	9,07	47,70	81,62	2,03	13,04

V první skupině pšeníc s translokací byl průměr stravitelnosti NL 64,28 %, směrodatná odchylka byla 4,61 %. Minimum bylo 58,07 % a maximum 72,78 %.

Druhá skupina pšeníc bez translokace měla průměr stravitelnosti NL 70,81 %, směrodatnou odchylku měla 7,30. Minimum bylo 57,12 % a maximum 78,91 %.

Jarní pšenice měly průměr stravitelnosti NL 76,60 %, směrodatnou odchylku 1,84 %. Minimum bylo 74,72 % a maximum 78,73 %.

Waxy pšenice měly průměr stravitelnosti NL 57,34 %, směrodatnou odchylku 9,64 %. Minimum bylo 47,42 % a maximum 67,20 %.

Komerční odrůdy měly průměr stravitelnosti NL 71,70 %, směrodatnou odchylku 7,54 %. Minimum bylo 59,48 % a maximum 82,15 %.

Všechny pšenice společně měly průměr stravitelnosti NL 69,92 %, směrodatná odchylka byla 9,07 %. Minimum bylo 47,70 %. Maximum bylo 81,60 %.

Tabulka č. 7: Základní popisné statistiky stravitelnosti škrobu

odrůdy	n	$\bar{x}$	s	min.	max.	$S_{\bar{x}}$	V (%)
<b>s translokací</b>	6	62,03	14,41	46,34	88,26	5,88	23,23
<b>bez translokace</b>	5	59,97	11,47	45,24	80,93	5,13	19,12
<b>jarní</b>	2	56,36	5,24	51,75	63,69	3,70	9,30
<b>waxy</b>	2	63,61	1,90	61,27	66,54	1,34	2,98
<b>komerční</b>	5	63,04	11,57	44,12	74,99	5,17	18,35
<b>KS škrob 1</b>	19	61,74	11,59	44,68	88,17	2,50	17,36

V první skupině pšeníc s translokací byl průměr stravitelnosti škrobu 62,03 %, směrodatná odchylka byla 14,41 %. Minimum bylo 46,34 % a maximum 88,26.

Druhá skupina pšeníc bez translokace měla průměr 59,97 %, směrodatnou odchylku měla 11,47. Minimum bylo 45,24 % a maximum 80,93 %.

Jarní pšenice měly průměr stravitelnosti škrobu 56,36 %, směrodatnou odchylku 5,24 %. Minimum bylo 51,75 % a maximum 63,69 %.

Waxy pšenice měly průměr stravitelnosti škrobu 63,04 %, směrodatnou odchylku 1,90 %. Minimum bylo 61,27 % a maximum 66,54 %.

Komerční odrůdy měly průměr stravitelnosti škrobu 63,04 %, směrodatnou odchylku 11,57 %. Minimum bylo 44,12 % a maximum 74,99 %.

Všechny pšenice společně měly průměr stravitelnosti škrobu %, směrodatná odchylka byla 9,07 %. Minimum bylo 47,70 %. Maximum bylo 81,60 %.

Byla provedena analýza lineární regrese a korelace ve vztahu stravitelnost NL oproti obsahu NL a ve vztahu stravitelnosti škrobu oproti obsahu škrobu. V případě NL bylo možno sledovat velmi malou závislost. U škrobu závislost nebyla.

Testování významných rozdílů bylo provedeno podle matematicko-statistického vzorce jednofaktoriální analýzou:

Modelová rovnice:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + a_i * b_j + e_{ijk}$$

kde:

$y_{ijk}$  - hodnoty závisle proměnné (výsledek koeficientu stravitelnosti pro odrůdu),

$\mu$  – obecná hodnota závisle proměnné,

$a_i$  – fixní efekt úrovně ( $i$ = žitná translokace,  $n=6$ ;  $i$ = bez žitné translokace,  $n=5$ ;  $i$ = jarní pšenice,  $n=2$ ;  $i$ = waxy pšenice,  $n=2$ ;  $i$ = komerční pšenice,  $n = 5$ ),

$e_{ij}$  – náhodná reziduální chyba.

odrůda	KS škrob 1	KS škrob 2	KS NL 1	KS NL 2
	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM
<b>jarní pšenice</b>	53,64 ± 13,903	57,72 ± 8,809	76,78 ± 5,464 <sup>a</sup>	76,42 ± 5,282 <sup>a</sup>
<b>komerční pšenice</b>	63,72 ± 6,218	62,36 ± 5,572	71,91 ± 3,456	71,50 ± 3,341 <sup>b</sup>
<b>žitná translokace</b>	59,57 ± 5,676	64,99 ± 5,572	65,12 ± 3,155	63,44 ± 3,050
<b>bez žitné translokace</b>	57,55 ± 6,218	62,40 ± 5,572	70,88 ± 3,456	70,75 ± 3,341 <sup>c</sup>
<b>waxy pšenice</b>	63,32 ± 9,831	63,90 ± 8,809	57,31 ± 5,464 <sup>a</sup>	57,37 ± 5,282 <sup>a,b,c</sup>

Stejná písmena ve sloupcích znamenají statistickou průkaznost a-a, b-b, c-c ...  $P < 0,05$ .

Statisticky průkazně měly waxy pšenice horší koeficient stravitelnost NL ve srovnání s jarními pšenicemi, s komerčními pšenicemi a s pšenicemi bez žitné translokace.



## 6 Diskuze

Ball et al. (2013) otestovali 164 vzorků pšenice. Byly analyzovány fyzikální i chemické parametry. Pozornost byla věnována zejména dusíkatým látkám, energii, NDF, škrobu, neškrbovým polysacharidům, lysinu, threoninu, amylóze. Dále byla sledována rychlost trávení škrobu. Dále bylo prokázáno, že vysoký stupeň aplikace dusíkatých hnojiv ve vzorcích pšenic měl tendenci ve prospěch užítkovosti brojlerů. Bylo zjištěno, že odrůda pšenice a podmínky, ze kterých pšenice pochází, značně ovlivňují užítkovost drůbeže při zkrmování. Průměrný obsah NL v pšenicích byl 11,21 %. Průměrná stravitelnost byla NL byla 76,9 %. Průměrný obsah škrobu byl 64,42 %, průměrná stravitelnost škrobu byla 91,7 %. Průměrná metabolizovatelná energie byla 18,3 MJ. Průměrná hodnota neutrální detergentní vlákniny (NDF) byla 13,96 %. V našem sledování bylo zkoumáno 20 odrůd pšenice seté, u kterých jsme porovnávali obsah NL a jejich stravitelnost, obsah škrobu a jeho stravitelnost, popeloviny, BNLV, tuk a vlákninu.

V našich výsledcích vyšel obsah NL vyšší (16,25 %), ale stravitelnost NL je nižší (68,31 %). Obsah škrobu je nepatrně nižší (64,17 %), ale průměrná stravitelnost škrobu vyšla výrazně méně (61,23 %). Hodnota metabolizovatelné energie je nižší, nám vyšla nižší (14,80 MJ), naproti tomu obsah NDF je vyšší (15,22 %).

Obsah dusíkatých látek se pohybuje v rozmezí od 14,90 % do 19,12 %. Nejvyšší obsah dusíkatých látek má pšenice odrůdy 1583 (19,12 %), ale měla spíše průměrnou stravitelnost NL (74,77%). Nejvyšší stravitelnost měla odrůda Tobak (81,88 %), ale měla nižší obsah dusíkatých látek asi o 2 % v porovnání s odrůdou 1583. Nejnižší obsah NL má pak odrůda 113 (14,90 %), má však druhou nejlepší stravitelnost NL (78,27 %). Odrůda Tobak, která má nejvyšší stravitelnost NL, má spíše nižší obsah dusíkatých látek (15,68 %).

V našem sledování se obsah škrobu pohybuje v rozmezí od 46,64 % do 80,26 %. Nejvíce má odrůda 139 (80,26 %) a nejméně odrůda Steffi (46,64 %). Odrůda 139 má však čtvrtou nejnižší stravitelnost škrobu. Odrůda Steffi s nejnižším obsahem škrobu má průměrnou stravitelnost škrobu. Odrůda 145, která má nejvyšší stravitelnost škrobu, ale má pátý nejmenší obsah škrobu (57,38 %).

Lasek et al. (2011) analyzovali 6 odrůd jarní pšenice a 3 odrůdy zimní pšenice. Sledovali množství aminokyselin, mastných kyselin, škrobu, cukru a vlákniny a jejich stravitelnost a metabolizovatelnou energii u kuřecích brojlerů Ross 308. Experiment byl prováděn na 45 jedincích (9 skupin po pěti kuřatech). Kuřata byla ustájena v individuálních klecích. Testovaná pšenice jim byla podávána v posledních sedmi dnech. Čtyři dny byly na adaptaci.

V posledních třech dnech byl zaznamenáván příjem krmiva a výkaly byly sbírány a analyzovány.

Obsah dusíkatých látek NL, popelovin, tuku a ME byl vyšší u jarních odrůd než u ozimých odrůd pšenic (NL: 14,0 ku 13,6 %; popeloviny: 1,94 ku 1,89 %; tuk: 1,92 ku 1,79 %; ME: 18,50 ku 18,37 MJ). Obsah hrubé vlákniny, škrobu, neutrálně detergentní vlákniny a acido detergentní vlákniny byl nižší u jarních v porovnání s ozimými odrůdami pšenic (CF: 2,44 ku 2,63 %; škrob: 65,9 ku 67,4 %; NDF: 11,7 ku 11,8 %; ADF: 3,93 ku 3,95 %). Stravitelnost NL byla nepatrně vyšší u ozimých než u jarních odrůd pšenic (76,4 ku 76,2 %). Nebyl sledován významný rozdíl mezi jarními a ozimými odrůdami.

V našem sledování byly hodnoty popelovin, tuku, BNLV, škrobu, stravitelnosti škrobu, ME, NDF a ADF vyšší ozimých než u jarních odrůd pšenic. (popeloviny: 0,75 ku 0,70 %; tuk: 1,26 ku 1,17 %; BNLV: 79,77 ku 75,96 %; škrob: 64,99 ku 59,08 %; stravitelnost škrobu: 61,87 ku 58,20 %; ME: 14,82 ku 14,53 MJ; NDF: 15,62 ku 12,71 %; ADF: 3,26 ku 2,88). Menší hodnoty ozimých odrůd oproti jarním byly u NL, stravitelnosti NL a hrubé vlákniny (NL: 15,97 ku 18,09 %; stravitelnost NL: 67,43 ku 76,60 %; CF: 2,26 ku 4,08 %). I přes tyto rozdílné hodnoty nebyl významný rozdíl ve stravitelnosti NL a stravitelnosti škrobu u kuřecích brojlerů mezi ozimými a jarními odrůdami pšenic.

Steenfeldt (2001) zkoumal variabilitu chemického složení u 16 odrůd pšenice a jejich vliv na užítkovost kuřecích brojlerů. Dusíkaté látky se pohybovaly v rozmezí od 11,2 do 12,7 % (v průměru 12,00 %), škrob od 65,8 do 72,2 % (v průměru 67,68 %). Průměrná hodnota metabolizovatelné energie je 14,5 MJ, Z výsledků bylo mimo jiné patrné, že kuřata krmená potravinářskou pšenicí dosahovala lepších výsledků ve výkrmu než ta, která byla krmena pšenicí krmnou.

V našem sledování jsou hodnoty NL od 14,90 do 19,12 %, průměr NL je vyšší (16,25 %). Obsah škrobu se pohyboval v intervalu hodnot od 46,64 % do 80,26 %, jeho vysoký rozptyl je zřejmě zapříčiněn odrůdovou odlišností. Průměrná hodnota škrobu je v našem sledování vyšší (64,27 %). Průměrná metabolizovatelná energie je o něco vyšší (14,8 MJ).

Smeets et al. (2016) analyzovali koncentraci škrobu a bílkovin, kde jim vyšlo, že průměrná hodnota škrobu byla 63,4 % a dusíkatých látek 12,4 %. Nám vyšla průměrná hodnota škrobu (64,27 %) a dusíkatých látek (16,25 %) vyšší.

McCracken et al. (2010) porovnával 4 odrůdy pšenice ze tří lokalit, průměrná hodnota škrobu jim vyšla 63,4 % a dusíkatých látek 13,15 %. Nám vyšla průměrná hodnota škrobu (64,27 %) a dusíkatých látek (16,25 %) vyšší.

Odrůdy s žitnou translokací měly v porovnání s odrůdami bez žitné translokace vyšší obsah škrobu a vyšší stravitelnost škrobu (65,70 ku 62,65 %; 61,00 ku 59,97 %), obsah NL a stravitelnost NL měly naopak nižší (16,17 ku 16,48; 64,28 ku 70,81). Tento rozdíl však nebyl významný.

Uznané (komerční) odrůdy měly ve srovnání s ostatními odrůdami nižší obsah škrobu (62,49 ku 64,86 %), ale vyšší stravitelnost škrobu (63,04 ku 60,63 %). To samé se dá říct o obsahu NL a stravitelnosti NL (obsah NL: 15,66 ku 16,45 %; stravitelnost NL: 71,70 ku 67,18 %). Významné rozdíly však nebyly z výsledků zpozorovány, proto nelze jednoznačně tyto odrůdy upřednostnit před ostatní již zmiňované.

Pekařskou kvalitu měly uznané odrůdy následovnou: Bonanza C, Gordian B, Steffi B, Tobak A, Vanessa C. Pekařská kvalita A je určena převážně pro výrobu kynutých těst, B je používána pro výrobu oplatku sušenek a cracerů, C je pro speciální použití (výroba škrobu a lihovin).

Odrůda Tobak s nejlepší pekařskou kvalitou měla nejvyšší obsah škrobu (75,49 %), i jeho stravitelnost (73,35 %). Obsah NL měla nižší než Bonanza a Gordian (15,68 %), ale stravitelnost NL byla u této odrůdy nejvyšší (81,88 %).

Pirgozliev et al. (2002) analyzovali nutriční hodnoty běžné odrůdy pšenice a waxy pšenice a porovnávali je mezi sebou. Pokus byl proveden na výkrmu kuřecích brojlerů. Hodnoty dusíkatých látek waxy pšenice jsou vyšší než u běžné odrůdy (15,9 ku 8,7 %), obsah škrobu byl nižší (63,4 ku 75,3 %), metabolizovatelná energie byla vyšší (18,52 ku 18,15 MJ). Rozdíl mezi stravitelností aminokyselin nebyl významný. Brojleři, kteří byli krmeni směsí s waxy pšenicí, měli nižší konverzi, než brojleři krmeni běžnou pšenicí.

Nám vyšel obsah NL nižší u waxy pšenice než u ostatních odrůd (15,55 ku 16,19 %), obsah škrobu je zase naopak vyšší (73,63 ku 65,12 %). Metabolizovatelná energie je o trochu nižší než u ostatních odrůd (14,61 ku 14,79 MJ).

Z našeho sledování je patrné, že měly waxy pšenice statisticky významně horší stravitelnost NL v porovnání k jarním pšenicím, komerčním pšenicím a k pšenicím bez žitné translokace. Proto lze waxy pšenice (z hlediska stravitelnosti NL) považovat za méně vhodné v dietě kuřecích brojlerů. Průměrnou stravitelnost škrobu měly však nejvyšší ve srovnání s ostatními skupinami odrůd pšenice.

## 7 Závěr

Cílem práce bylo vyhodnocení, srovnání nutriční hodnoty vybraných odrůd pšenice seté a ověření vlivu vybraných odrůd pšenice seté na ileální stravitelnost škrobu a dusíkatých látek u kuřecích brojlerů.

U 20 odrůd pšenice byly vyhodnoceny dusíkaté látky, stravitelnost dusíkatých látek, popeloviny, tuk, BNLV, škrob, stravitelnost škrobu, vláknina a metabolizovatelná energie. Vše bylo při 100% sušině.

Obsah dusíkatých látek se pohybuje v rozmezí od 14,90 do 19,12 %. Nejvyšší obsah dusíkatých látek má pšenice odrůdy 1583 (19,12 %), nejnižší má pak odrůda 113 (14,90 %).

Stravitelnost dusíkatých látek se pohybuje od 47,70 do 81,88 %. Nejvyšší stravitelnost má odrůda Tobak (81,88 %), nejnižší pak odrůda Waxypen (47,70 %). Obsah popelovin se pohybuje v rozmezí od 0,31 % do 1,07 %. Nejvíce popelovin má odrůda Bonanza (1,07 %) a nejméně odrůda 145 (0,31 %). Obsah tuku se pohybuje v rozmezí od 0,93 % do 1,68 %. Nejvíce má odrůda Steffi (1,68 %) a nejméně odrůda 1596 (0,93 %). Obsah BNLV se pohybuje v rozmezí od 75,30 % do 80,83 %. Nejvíce má odrůda 145 (80,83 %) a nejméně odrůda 1583 (75,30 %). Obsah škrobu se pohybuje v rozmezí od 46,64 % do 80,26 %. Nejvíce má odrůda 139 (80,26 %) a nejméně odrůda Steffi (46,64 %). Hodnoty stravitelnosti škrobu se pohybují v rozmezí od 45,91 % do 88,17 %. Nejnižší stravitelnost škrobu má odrůda Gordian (45,91 %) a nejvyšší má odrůda 145 (88,17 %). Hodnoty hrubé vlákniny (CF) se pohybují v rozmezí od 0,80 % do 4,56 %. Nejvyšší hodnotu má odrůda 1596 (4,56 %) a nejnižší má odrůda 113 (0,80 %). Hodnoty neutrálně detergentní vlákniny (NDF) se pohybují v rozmezí od 9,36 % do 20,68 %. Nejnižší hodnotu má odrůda 108 (9,36 %) a nejvyšší má odrůda 104 (20,68 %). Hodnoty acido detergentní vlákniny se pohybují v rozmezí od 1,66 % do 5,78 %. Nejvyšší hodnotu má odrůda Steffi (5,78 %) a nejnižší má odrůda 113 (1,66 %). Hodnoty metabolizovatelné energie pro drůbež u odrůd pšenice se pohybují okolo 15 MJ. Nejvíce má odrůda 113 (15,06 MJ) a nejméně má odrůda 1596 (14,42 MJ).

První část hypotézy se potvrdila, odrůda pšenice seté ovlivnila ileální stravitelnost dusíkatých látek, druhá část hypotézy se nepotvrdila, odrůda pšenice seté neovlivnila stravitelnost škrobu u kuřecích brojlerů. Z našeho sledování je patrné, že měly waxy pšenice statisticky významně horší stravitelnost NL v porovnání k jarním pšenícím, komerčním pšenícím a k pšenícím bez žitné translokace. Proto lze waxy pšenice (z hlediska stravitelnosti NL) považovat za méně vhodné v dietě kuřecích brojlerů.

## 8 Seznam literaturey

Abdel-Aal, E.S.M., Hucl, P., Chibbar, R.N., Han, H.L., Demeke, T., 2002. Physicochemical and structural characteristics of flours and starches from waxy and non-waxy wheats. *Cereal Chem.* 79, 458–464.

Abdollahi, M.R., Ravindran, V., Wester, T.J., Ravindran, G., Thomas, D.V. 2011. Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. *Anim Feed Sci Technol.* 168:88–99.

Al-Marzooqi, W., Wiseman, J. 2009. Effect of extrusion under controlled temperature and moisture conditions on ileal apparent amino acid and starch digestibility in peas determined with young broilers. *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 153: 113–130.

Åkerberg, A., Liljeberg, H., Björck, I., 1998. Effects of amylose/amylopectin ratio and baking conditions on resistant starch formation and glycaemic indices. *J. Cereal Sci.* 28, 71–80.

Ball, M. E. E., Owens, B., McCracken, K. J. 2013. The effect of variety and growing conditions on the chemical composition and nutritive value of wheat for broilers. *Asian Australasian Journal of Animal Science.* 26 (3), 378 – 385.

Banks, W., Muir, D.D., 1980. Structure and chemistry of the starch granule. In: *The Biochemistry of Plants*, vol. 3. Academic Press, New York, pp. 321–369.

Bednar, G.E., Patil, A.R., Murray, S.M., Grieshop, C.M., Merchen, N.R., Fahey Jr., G.C., 2001. Starch and fibre fractions in selected food and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model. *J. Nutr.* 131, 27–286.

Beuković, D., Beuković, M., Glamo, D., Milosević, N., Ljubojević, D. 2010. Effect of the level of trypsin inhibitors and thermal processing of soybeans to the size of broilers organs. *Contemporary Agric.*, 59: 346–354.

Bestman, M., Ruis, M., Heijmans, J., van Middelkoop, K. 2016. Poultry Signals. Roodbont Publisher B.V. 112 s. ISBN: 987-90-8740-079-8.

Braun, H. J., Atlin, G., Payne, T. 2010. Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. CABI Press, Oxford, pp. 115-138.

Buleon, A., Colonna, P., Planchot, V., Ball, S., 1998. Starch granules: structure and biosynthesis. *Int. J. Biol. Macromol.* 23, 85–112.

Čerešňáková, Z. 1991. Porovnanie nutričnej hodnoty vybraných odrod pšenice a triticales. *Krmivářství.* 3-4.

Černý, H. 2005. Anatomie domácích ptáků. Metoda spol. s r. o. 447 s. ISBN: 80-239-4966-7.

Damme, K., Hildebrand, R-A. 2002. Geflügelhaltung. GmbH & Co. 160 s. ISBN: 3-8001-3929- .

Daniel, C., Triboï, E. 2000. Effects of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. *J. Cereal Sci.*, 32 ,pp. 45-56.

De Gussem, M., Mailyan, E., van Middelkoop, K., van Mullem, K., van 't Veer, E., 2016. Broiler Signals. Roodbont Publisher B.V. 120 s. ISBN: 978-90-8740-125-2.

Dong, K., Ge, P., Ma, C. Y., Wang, K., Yan, X., Gao, L. Y., Li, X. H., Liu, J. X., Ma, W. J., Yan, Y. M. 2012. Albumin and globulin dynamics during grain development of elite Chinese wheat cultivar Xiaoyan 6. *J. Cereal Sci.*, 56, pp. 615-622.

Doskočil, J., Illek J., Jelínek, P., Kotrbáček, V., Koudela, K., Kovářů, F., Kroupová, V., Kučera, M., Kudláč, E., Trávníček, J., Valent, M. 2003. Fyziologie hospodářských zvířat. Grafos. 414s. ISBN: 80-7157-644-1.

Delwiche, S. R., Graybosch, R. A. 2016. Binary mixtures of waxy wheat and conventional wheat as measured by NIR reflectance. *Talanta.* 146 (1). 496 – 50.

Drowns, G. 2012. Chov drůbeže. KNIŽNÍ KLUB. 456 s. ISBN: 978-80-242-4212-5.

Dubetz, S., Gardiner, E. E., Flynn, D., Ai, D. L. R. 1979. Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen fractions and amino acid composition of spring wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 59, pp. 299-305.

Fujita, S., Kumagai, T., Yanagimachi, M., Sakuraba, S., Sanpei, R., Yamoto, M., Tohara, H. 2012. Waxy wheat as a functional food for human consumption. *Journal of Cereal Science*. 55 (3). 361 – 365.

Gao, X. P., Lukow, O. M., Grant, C.A. 2012. Grain concentrations of protein, iron and zinc and bread making quality in spring wheat as affected by seeding date and nitrogen fertilizer management. *J. Geochem. Explor.*, 121, pp. 36-44.

Gracia, M.I., Lázaro, R., Latorre, M.A., Medel, P., Aranibar, M.J. 2010. The effects of diet formulation, manufacturing technique and antibiotic inclusion on broiler performance and intestinal morphology. *J. Appl. Poultry Res.*, 19: 121-131.

Heijnen, M.L.A., (PhD Thesis) 1997. Physical Effects of Consumption of Resistant Starch. Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands.

Hrubín, K., 1991. Zásobní bílkoviny endospermu zrna pšenice a ječmene. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. 27 s. ISSN: 0231-9470.

Cheftel, J.C. 1979. Proteins and amino acids. In: Nutritional and safety aspects of food processing. Tannenbaum, S.R. (Ed.), Marcel Dekker, New York. Pp. 153-213.

KaceroVský, O., Babička L., Bíro, D., Heger, J., Jedlička, Z., Lohniský, J., Mudřík, Z., Roubal, P., Svobodová, M., Vencl, B., Vrátný, P., Zelenka, J. 1990. Zkoušení a posuzování krmiv. Státní zemědělské nakladatelství Praha. 216 s. ISBN: 80-209-0098-5.

Khattak, F.M., Pasha, T.N., Hayat, Z., Mahmud, A. 2006. Enzymes in poultry nutrition. *J. Anim. Pl. Sci.*, 16: 1-8.

Koolman, J., Röhm, K.-H. 2009. Barevný atlas biochemie. GRADA. 512 s. ISBN: 978-80-247-2977-0.

Kroulík, J. 1996. Rádce chovatele králíků, drůbeže, ovcí, koz, nutrií, vietnamských prasat, hlemýžďů. Brázda, s. r. o. 216 s. ISBN: 80-209-0260-0.

Lasek, O., Barteczko, J., Augustyn, R., Smulikowska, S., Borowiec, A. 2011. Nutritional and energy value of wheat cultivars for broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 20 (2), 246 – 258.

Liu, W., Zhang, Y. Z, Gao, X., Wang, K., Wang, S. L., Zhang, Y., He, Z. H., Ma, W. J., Yan, Y. M. 2012. Comparative proteome analysis of glutenin synthesis and accumulation in developing grains between superior and poor quality bread wheat cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, 92, pp. 106-115.

Lehmann, U., Robin, F., 2007. Slowly digestible starch- its structure and health implications: a review. *Tre. Food Sci. Technol.* 18, 346–355.

Marvan, F. Hampl, A., Hložánková, E., Kresan, J., Massanyi, L., Vernerová, E. 2011. Morfologie hospodářských zvířat. Brázda, s. r. o. 304 s. ISBN: 978-80-213-2188-5.

McCracken, K.J. Preston, C.M. & Butler, C. 2002. Effects of wheat variety and specific weight on dietary apparent metabolisable energy concentration and performance of broiler chicks. *British Poultry Science*, 43:2, 253-260.

Moran, E.T., 1982. Starch digestion in fowl. *Poult. Sci.* 61, 1257–1267.

Moritz, J.S., Parsons, A.S., Buchanan, N.P., Calvalcanti, W.B., Cramer, K.R., Beyer, R.S. 2005. Effect of gelatinizing dietary starch through feed processing on zero- to threeweek broiler performance and metabolism. *J. Appl. Poultry Res.*, 14: 47 54.

Kříž, L. 1997. Základy výživy a techniky krmení drůbeže. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR v Praze. 48 s. ISBN: 80-7105-142-X.



Nayak, B., Berrios, J.D., Tang, J.M. 2014. Impact of food processing on the glycemic index (GI) of potato products. *Food Res. Int.*, 56: 35-46.

Otrubová, M. Nejčastější úpravy jaderných krmiv [online]. [2017 – 04 - 12]. Dostupné z: [http://www.vyzivazvirat.cz/blog/32\\_nejcastejsi-upravy-jadernych-krmiv.html](http://www.vyzivazvirat.cz/blog/32_nejcastejsi-upravy-jadernych-krmiv.html).

Pechanek, U., Karger, A., Gröger, S., Charvat, B., Schöggel, G., Lelley, T. 1997. Effect of nitrogen fertilization on quantity of flour protein components, dough properties, and breadmaking quality of wheat. *Cereal Chem.*, 74, pp. 800-805.

Peitz, B., Peitz, L. 2008. Chováme drůbež. Vikend, s. r. o. 94 s. ISBN: 978-80-86891-76-7.

Perrotta, C. A. S., Treglia, A. S., Mita, G., Giangrande, E., Rampino, P., Ronga, G., Spano, G., Marmioli, N. 1998. Analysis of mRNAs from ripening wheat seeds: the effect of high temperature. *Journal of Cereal Science*, 27, pp. 127-132.

Petr, J. 2001. Pěstování pšenice podle užitkových směrů. Ústav zemědělských a potravinářských informací. 40 s. ISBN: 80-7271-090-7.

Pirgozliev, VR; Rose, SP; Graybosch, RA. 2002. Energy and amino acid availability to chickens of waxy wheat. *Archiv für Geflügelkunde*. 66. pp.108-113.

Plessis, A., Ravel, C., Bordes, J., Balfourier, F., Martre, P. 2013. Association study of wheat grain protein composition reveals that gliadin and glutenin composition are trans-regulated by different chromosome regions. *J. Exp. Bot.*, 64, pp. 3627-3644.

Příhoda, J., Skřivan, P., Hrušková, M. 2003. Cereální chemie a technologie I, cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. Firma – JK. 202 s. ISBN: 80-7080-530-7.

Reece, W., O. 2009. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Wiley-Blackwell. 480 s. ISBN: 978-80-247-3282-4.

Singh, J., Kaur, L., Mccarthy, O.J., 2007. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications: a review. *Food Hydrocolloids* 21, 1–22.

Smeets, N., Nuyens, F., Campenhout, L. V., Niewold, T. 2016. Insight into the chemical composition of wheat used in european broiler diets. *Animal Feed Science and Technology*. 16. 176 – 184.

Steenfeldt, S. 2001. The dietary effect of different wheat cultivars for broiler chickens. *British Poultry Science*, 42 (5). 595 – 609.

Stern, A., Landes, L. 2013. *Začínáme s chovem domácích zvířat*. VÍKEND s. r. o. 172 s. ISBN: 978-80-7433-068-1.

Svihus, B., 2011. Limitation to wheat starch digestion in growing broiler chickens: a brief review. *Anim. Prod. Sci.* 51, 583–589.

Svihus, B., Uhlen, A.K., Harstad, O.M., 2005. Review: effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch. *Anim. Feed Sci. Technol.* 122, 303–320.

Tester, R.F., Qi, X., Karkalas, J., 2006. Hydrolysis of native starches with amylases. *Anim. Feed Sci. Technol.* 130, 39–54.

Wardlaw, I.F, Wrigley, C. W. 1994. Heat tolerance in temperate cereals – an overview. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21, pp. 695-703.

Wieser, H., Seilmeier, W. 1998. The influence of nitrogen fertilization on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. *J. Sci. Food Agric.*, 76, pp. 49-55.

Wood, J.F. 1987. The functional-properties of feed raw-materials and their effect on the production and quality of feed pellets. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 18: 1 17.

Wu, Y.B.B., Ravindran, V. 2004. Influence of whole wheat inclusion and xylanase supplementation on the performance, digestive tract measurements and carcass characteristics of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 116: 129-139.

Zelenka, J., 2014. Výživa a krmení drůbeže. Agriprint. 160 s. ISBN: 978-80-87091-53-1.

Zelenka, J. 1998. Výživa a krmení drůbeže. Ediční středisko MZLU. 60 s. ISBN: 80-7157-337-X.

Zeman, L., Doležal, P., Kopřiva, A., Mrkvicová, E., Procházková, J., Ryant, P., Skládanka, J., Straková, E., Suchý, P., Veselý, P., Zelenka, J. 2006. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Profi press. Praha. 360 s. ISBN: 80-86726-17-7.

Zimolka, J., Edler, S., Hřivna, L., Jánský, J., Kraus, P., Mareček, J., Novotný, F., Richter, R., Říha, K., Tichý, K. 2005. Pšenice pěstování, hodnocení a užití zrna. ProfiPress. 180 s. ISBN: 80-86726-09-6.